

Секция 5

ГИДРОГЕОХИМИЯ И ГИДРОГЕОЭКОЛОГИЯ

МИКРОБНЫЕ СООБЩЕСТВА ГИДРОТЕРМ ЦЕНТРАЛЬНОЙ МОНГОЛИИ И УСЛОВИЯ ИХ ОБИТАНИЯ

О.Б. Бабасанова, А.В. Брянская

Научный руководитель профессор Б.Б. Намсараев

Институт общей и экспериментальной биологии СО РАН, г. Улан-Удэ, Россия

Слабоминерализованные термальные воды, газифицируемые азотом, развиты исключительно в пределах Байкальской рифтовой зоны. Они формируются в молодых тектонических разломах и выходят на поверхность или непосредственно из трещин в кристаллических образованиях или из отложений, их перекрывающих. К настоящему времени с различной детальностью изучено 50 проявлений азотных гидротерм [1].

Поступающие из недр земли водород, метан, углекислый газ, аммиак, сероводород и органические вещества служат источником энергии и углерода для микроорганизмов. Концентрация ионов биогенных элементов, некоторых органических макромолекул и других соединений на поверхности осадков благоприятствуют развитию хемотрофных микроорганизмов. В результате их деятельности осадки термальных источников колонизируются бентосными сообществами микроорганизмов, так называемыми матами. Структурообразующим компонентом микробных матов являются фототрофные цианобактерии и зубактерии. Они служат первичными продуцентами вещества (ОВ). Однако иногда фотосинтезирующие бактерии в матах отсутствуют. В этих случаях первичными продуцентами являются хемолитоавтотрофные серобактерии. В деструкции ОВ активное участие принимают органотрофные, сульфат-, сероредуцирующие и метаногенные бактерии [2].

Важной особенностью распределения минеральных вод на территории Монголии является наличие природных гидроминеральных комплексов. Под этим термином понимается сосредоточие месторождений и проявлений различных типов минеральных вод в непосредственной близости друг от друга, что значительно расширяет возможности их использования для бальнеологических целей.

Целью данного исследования было изучение микробных сообществ и условий их обитаний в гидротермах Цэнхэр, Шивэрт, Шаргулжуг, Хурамт и Хужирт (Центральная Монголия).

Температура воды в экстремальных водных экосистемах изменялась в широких пределах (от 37 до 90°C). Воды имели щелочную реакцию, значение pH варьировало от 8,0 до 10,6. Для источников Монголии характерна низкая минерализация, которая изменяется от 0,23 до 0,5 мг/л. Содержание сероводорода в водах достигало 15 мг/л (табл.).

Таблица

Физико-химическая характеристика гидротерм Центральной Монголии

Название гидротермы	T, °C	pH	Eh, мВ	Минерализация, г/л
Шаргулжуг	35 – 90	8,0 – 8,6	+(103 – 184)	0,22 – 0,23
Цэнхэр	83,7	9,8	+25	0,26
Шивэрт	56	10,4	+146	0,29
Хурамт	54	9,2	+97	0,23
Хужирт	37	10,6	+94	0,5

В местах выходов сероводородных минеральных вод наблюдается обильное развитие кислородных фототрофных бактерий. При благоприятных условиях они служат основой микробных матов, отличающихся по окраске и толщине в зависимости от доминирующих видов. Влияние температуры на состав микробного сообщества хорошо иллюстрирует смена фототрофных микробных сообществ в источнике Шаргулжуг по течению термальной воды.

При температуре 35 °C развивались оранжевые, зеленые и бурые маты, толщиной до 5 мм. Основу мата составляли *Phormidium tenue* и *Ph. orientale*. На их пленке отмечалось бурное развитие колоний *Gloeocapsa minuta*. Здесь же очень часто встречалась *Gl. punctata* и небольшие одиночные трихомы *Oscillatoria* sp. При повышении температуры на 1 градус (36 °C) развивался рыхлый, желто-бурый, легко разрушающийся мат толщиной до 5 мм. Основу мата составляла *Scytonema*, определенная как *Sc. mirabile*. Данный вид образовывал бурые нити, видимые невооруженным глазом, и составлял один из слоев мата. *Gl. minuta* в этом слое количественно выступала субдоминантом. *Ph. tenue* образовывал пленки, на которых часто встречались одиночные или ветвящиеся трихомы *Calothrix* sp. Единично встречены *Gl. punctata* и *Anabaena* sp. При температуре 45 °C развивался достаточно плотный мат оранжево-зеленого цвета толщиной до 3 мм. Основу его составляли *Ph. tenue* и *Ph. orientale*. Очень часто встречались фрагменты трихомов *Sc. mirabile*, а также *Gl. minuta* и *Gl. punctata*. Среди нитей *Phormidium* отмечалось интенсивное развитие *O. tenuis*. Рыхлый оранжево-зеленый легко разрушающийся мат (52 °C) практически полностью состоял из нитей *Ph. tenue* и фрагментов (гетероцист и спор) *Sc. mirabile*. При температуре 59 °C основу мата составляли *Ph. tenue* и, развивавшийся на его пленке, *Calothrix* sp. Отмечены остатки *O. tenuis* и *Sc. mirabile*.

Всего на данном этапе изучения в источнике обнаружено 9 видов цианобактерий. С понижением температуры происходила смена комплекса цианобактерий, хотя основу всегда составлял *Ph. tenue*. *Ph. orientale* был субдоминантом при температурах 35 и 45 °C. Но в мате, развивающемся при температуре 36 °C и выше, доминирующее положение по биомассе принадлежало *Sc. mirabile*. Интересно, что доля *Calothrix* sp. увеличивалась с повышением температуры. Максимальное видовое разнообразие (6 видов) цианобактерий было отмечено при температуре 45 °C.

В деструкционных процессах трансформации органического вещества в микробных сообществах щелочных гидротерм принимают участие бактерии различных физиологических групп, связанные между собой тесными трофическими взаимосвязями. На начальных этапах деструкции важную роль играют бактерии-гидролитики, разлагающие полимерные соединения. Наиболее многочисленными являлись протеолитические и сахаролитические бактерии в источниках Шаргулжут, Шивэрт и Цэнхэр (более 1 млн кл/мл). Количество целлюлолитиков варьировало от 100 до 1 млн кл/мл, сахаролитиков – от 10 до 1 млн кл/мл. Число липолитиков достигало 100 тыс. кл/мл. Наибольшая численность амилитиков составляла до 10 тыс. кл/мл в гидротерме Хурамт. Максимальное число сульфатредуцирующих бактерий наблюдалось в источнике Цэнхэр и составило 10 тыс. кл/мл. Общее количество бактерий составило до 10 млн кл/мл.

Из проб ила изучаемых гидротерм было выделено 10 штаммов аэробных термофильных бактерий. Пробы культивировались при 55 °С на минеральной среде, содержащей глюкозу (19 г/л) и цитрат натрия (1,29 г/л), без перемешивания. Чистые культуры были получены путем посева суспензии микроорганизмов на агар и последующих пересевов. На поверхности агаризованной среды бактерии формировали округлые колонии диаметром 2 – 4 мм кремовые, имеющие выпуклый профиль, ровные края и однородную структуру. Клетки имели форму прямых палочек, как правило, одиночных или в парах. В конце фазы замедленного роста наблюдали появление проспор, спорующих клеток и отдельно лежащих спор. Образующиеся эллипсоидальные споры располагались в материнской клетке терминально, несколько расширяя ее. Клетки имели размеры (2 – 2,3) x (9,3 – 16,6) мкм. Окраска по Граму положительная.

Все штаммы являются термофилами с диапазоном роста от 37 до 75 °С и оптимумом 58 – 61 °С. Диапазон pH от 6,0 до 10,5, оптимум pH 7,0 – 8,5.

Таким образом, в слабоминерализованных сероводородных термальных источниках Центральной Монголии высокие температуры (свыше 59°С) ограничивают распространение фототрофных микробных матов. В деструкции органического вещества в микробных сообществах щелочных гидротерм активное участие принимают термофильные алкалолелерантные гидролитические бактерии.

Литература

1. Геохимия подземных минеральных вод Монгольской Народной Республики // Под ред. Е.В. Пиннекера. – Новосибирск: Наука, 1980. – 494 с.
2. Абидуева Е.Ю., Данилова Э.В., Намсараев З.Б. и др. Микробное разнообразие минеральных источников Бурятии // Биоразнообразии Байкальской Сибири. – Новосибирск, 1999. – С. 49 – 60.

ОЦЕНКА РАЗВИТИЯ ПРОЦЕССОВ ЗАСОЛЕНИЯ НА ТЕРРИТОРИИ ГОРНОПРОМЫШЛЕННОГО ПРЕДПРИЯТИЯ

М.В. Бабицкая

Научный руководитель доцент Н.П. Шерстюк

Научно-исследовательский институт геологии Днепропетровского национального университета, г. Днепропетровск, Украина

Добыча полезных ископаемых приводит к формированию новых гидрогеологических систем, обусловленных осушением карьеров и шахт и соответственно снижением уровня подземных вод. В этих условиях образуются ландшафты, в которых состав грунтовых вод слабо зависит от грунтовых процессов или грунт слабо связан с корой выветривания. Анализ и прогноз формирования новых ландшафтов усложняется тем, что чаще всего в районах добычи действуют обогатительные фабрики, где используется значительное количество воды. На таких территориях могут существовать техногенные водоемы, предопределяющие повышение уровня грунтовых вод или формирование техногенных водоносных горизонтов с аномальными гидрогеологическими свойствами. В таких условиях образуются ландшафты полного профиля, в которых геохимические особенности почв обусловлены уровнем от поверхности земли и химическим составом грунтовых вод.

На формирование геохимического ландшафта значительное влияние оказывают ландшафтно-геохимические процессы. Наиболее существенными из них в ландшафте являются гидрогенез, биогенез, галогенез. В галогенезе участвуют химические элементы преимущественно с большими радиусами ионов и рядом валентности: катионогены – Na, K, H, Ca, Mg; анионогены – Cl, S, C, O, N. Они образуют простые и сложные соли: хлориды, сульфаты, карбонаты, реже нитраты. В условиях техногенеза источником солей в ландшафтах являются протстоки (в особенности стоки горнодобывающих предприятий).

Испарительная концентрация солей в грунтовых водах возникает на глубине 3,5 – 4,0 м, усиливаясь с глубины 2,8 – 3,0 м. В зависимости от глубины залегания грунтовых вод и водоупорной способности пород и грунтов полное испарение растворов наступает внутри грунтового профиля или на поверхности грунтов. Это может вызывать засоление и осолонцевание грунтов. Засоление почв – процесс накопления в почвах солей, приводящий к образованию солонцеватых и солончаковых почв. Обычно в почве накапливаются хлориды и сульфаты натрия, кальция и магния, карбонаты и нитраты калия. Засоление почв может происходить в естественных условиях засушливых районов в результате капиллярного поднятия солоноватых и соленых вод, а также под влиянием техногенных факторов: излишнего поступления поливной воды и/или плохой работы водосборной и дренажной сетей в оросительных системах.

Таким образом, для решения проблемы анализа и прогнозирования негативных тенденций на территории развития техногенной ландшафтно-геохимической системы надлежит изучать, как минимум, глубины залегания уровня грунтовых вод и химический состав поверхностных, грунтовых вод и техногенных водоемов.

Вопросы преобразований геохимического состава ландшафтов в районах добычи и переработки полезных ископаемых рассмотрены в работах Зубовой Л.Г., Гречки В.А., Бабич И.В. и др. [4, 5]. Чаще всего процессы формирования засоления и осолонцевания проанализированы и спрогнозированы для условий орошения на сельскохозяйственных землях; составлен прогноз развития засоления для условий Западного Донбасса на рекультивированных отвалах [3]. Однако, вопросам геохимических преобразований ландшафтов Приднепровья,

обусловленных добычей марганца открытым способом и его обогащением, в отечественной литературе надлежащего внимания не уделено.

Наиболее возможными негативными последствиями добычи марганцевой руды на Орджоникидзевском горно-обогатительном комбинате (ОГОК, Украина), являются: подъем уровня грунтовых вод, увеличение их минерализации, риск возникновения и развития процессов засоления и осолонцевания грунтов.

Цель работы - оценка возможности формирования развития засоления и осолонцевания на этой территории.

В данное время на территории ОГОКа действуют восемь карьеров. Добыча марганцевой руды ведется открытым способом с глубины 20 – 80 м [2]. Руда обогащается на Богдановской и Чкаловской обогатительных фабриках, отходы обогащения складываются в хвостохранилищах. К территории ОГОКа относится г. Орджоникидзе.

На исследуемой территории среднее многолетнее количество осадков составляет 488 мм, испаряемость – 740 мм, то есть среднегодовое испарение преобладает над осадками, что обуславливает восходящий поток влаги в зоне аэрации и возможность подтягивания солей с уровня грунтовых вод к поверхности земли. Геологическое строение, а также геоморфологические и климатические особенности района исследований определяют его гидрогеологические условия, которое характеризуется наличием четырех водоносных горизонтов. Основными источниками техногенной нагрузки являются действующие обогатительные фабрики и связанные с ними хвостохранилища, карьеры по добыче марганцевой руды, их дренажные системы, пруды различного назначения, жилые поселки и г. Орджоникидзе.

В результате анализа гидрогеологической ситуации района исследований были выделены пять участков с глубинами залегания подземных вод меньше 3,0 м: территория, примыкающая к хвостохранилищу Чкаловской обогатительной фабрики (ЧЗФ); промплощадка ЧЗФ; промплощадка Богдановской обогатительной фабрики; территория г. Орджоникидзе; территория, прилегающая к заливу Каховского водохранилища.

Богдановская обогатительная фабрика (БЗФ) расположена в центральной части исследуемой территории, а хвостохранилище – в западной части, на левом берегу р. Базавлук. Подземные воды на территории промплощадки БЗФ характеризуются хлоридно-сульфатным кальциево-магниево-натриевым типом или сульфатным кальциево-магниево-натриевым типом. Отметим, что до 1990 года содержание всех макрокомпонентов возрастало, а в период с 1990 по 2001 гг. минерализация уменьшалась с 6,6 до 0,9 г/дм³ за счет снижения содержания хлоридов и сульфатов. Кроме этого, прослеживается изменение типа воды на сульфатный магниевый или магниевое-натриевый.

Площадь ЧЗФ находится в центральной части исследуемой территории; здесь распространены грунтовые воды в суглинистых отложениях четвертичного возраста. Во всех пробах, отобранных на участке промплощадки ЧЗФ, отмечается преобладание сульфат-иона или хлор-иона. Из катионов преобладает ион натрия, на втором месте находятся ионы магния. Тип воды на участке можно определить как сульфатно-хлоридно-гидрокарбонатный магниевое-натриевый и как сульфатно-хлоридный натриевый, причем во многих местах отмечено очевидное преимущество только ионов натрия.

На территории, примыкающей к Каховскому водохранилищу, подземные воды характеризуются повышенной минерализацией (до 4,9 г/дм³), высоким содержанием сульфат-иона, и относятся к хлоридно-сульфатному магниевое-натриевому типу.

Как указано выше, величина испарения с уровня грунтовых вод на исследуемой территории больше, чем их поступление вместе с атмосферными осадками. Дефицит воды в зоне аэрации перекрывается за счет грунтовых вод, которые поступают сюда в виде поровых растворов, которые непрерывно перемещаются от уровня грунтовых вод к поверхности земли. Такой процесс приводит к увеличению минерализации порового раствора и засолению пород зоны аэрации. Минерализация порового раствора определяется по формуле [1]:

$$C = \left(C_0 + \frac{C_2 v_2}{v_1 - v_2} \right) \exp \frac{x_1 - x}{\lambda} - \frac{C_2 v_2}{v - v_2}$$

где С – минерализация грунтовых вод, г/дм³; С₀ – минерализация атмосферных осадков на данной территории, г/дм³; v – скорость испарения воды, м/сут; v₁ – скорость поступления воды, м/сут; x – мощность зоны аэрации, м; x₁ – глубина от поверхности земли, м; λ - коэффициент, зависящий от структуры породы, направления и скорости фильтрации.

Минерализация порового раствора пересчитывается в проценты солей к массе сухого грунта [3]. Химический тип засоления определяется по анионному составу, а именно по отношению анионов в водной вытяжке.

Итоговый анализ возможности засоления грунтов на территории Орджоникидзевского горно-обогатительного комбината и соответствующие расчеты минерализации порового раствора и засоления грунтов приведен в таблице.

Таблица

Результаты расчета засоления грунтов на территории Орджоникидзевского горно-обогатительного комбината

Глубина залегания грунтовых вод (средняя за год), м	Минерализация (средняя за год), г/дм ³	Минерализация порового раствора, г/дм ³	Засоление	
			Процент солей к массе сухого грунта	Тип и степень засоления пород
Территория хвостохранилища Чкаловской обогатительной фабрики				
3,00	4,0	4,63	0,06	Хлоридно-сульфатный, слабозасоленные
Промплощадка Чкаловской обогатительной фабрики				
2,8	3,5	3,90	0,04	Хлоридно-сульфатный, слабозасоленные
Промплощадка Богдановской обогатительной фабрики				
3,20	0,9	1,04	0,01	Риска засоления не существует
Территория г. Орджоникидзе				

3,20	1,2	1,38	0,02	Существует риск развития засоления в будущем
Территория Каховского водохранилища				
2,30	2,0	2,19	0,02	Существует риск развития засоления в будущем

В результате проведенных исследований подтверждается возможность развития процессов засоления на исследуемой территории. Как видно из таблицы, территории, где размещены промплощадка и хвостохранилище Чкаловской обогатительной фабрики, наиболее опасны в данном отношении. Породы зоны аэрации слабо засолены, тип засоления хлоридно-сульфатный. Кроме того, территория г. Орджоникидзе и залива Каховского водохранилища также потенциально может подвергнуться процессам засоления. К наиболее благоприятным участкам можно отнести промплощадку Богдановской обогатительной фабрики. Глубина залегания подземных вод около 3,0 м, однако, они отличаются низкой среднегодовой минерализацией, поэтому риск развития засоления здесь отсутствует.

В процессе дальнейших исследований предполагается разработать рекомендации по оптимизации системы гидрогеологического и литогенного мониторинга территории Орджоникидзевского горно-обогатительного предприятия.

Литература

1. Горев Л.Н., Пелешенко В.И. Мелиоративная гидрохимия. – Киев: Вища школа, 1984. – 256 с.
2. Євграфіна Г.П. Вплив гірничо-видобувної промисловості на гідрогеологічні та ґрунтово-меліоративні умови територій. – Дніпропетровськ: Видавництво «Моноліт», 2003. – 200 с.
3. Зубова Л.Г., Бабич И.В. Воздействие горнодобывающей промышленности на подземные и поверхностные воды Донбасса // 36. Наук. Праць Луганського сільськогосподарського інституту, 1999. – № 4 (11). – С. 47 – 50.
4. Зубова Л.Г., Гречка В.А., Матюшенко Ю.В. Воздействие горнодобывающей промышленности на естественные ландшафты Донбасса // Эко-технологии и ресурсосбережение, 1999. – № 4. – С. 63 – 66.

ЗАКОНОМЕРНОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА ТЕХНОГЕННЫХ ВОДОЕМОВ ГОРНО-ОБОГАТИТЕЛЬНЫХ КОМБИНАТОВ

М.В. Бабицкая, Л.А. Носова

Научный руководитель доцент Н.П. Шерстюк

Днепропетровский национальный университет, г. Днепропетровск, Украина

Экологические проблемы Криворожского железорудного бассейна тесно связаны с развитием горнодобывающей промышленности. На территории Кривбасса (Украина) находится семь горно-обогатительных комбинатов, которые занимаются добычей и обогащением железных руд. Добыча железных руд ведется карьерным и шахтным способом. При разработке проводится откачка шахтных и карьерных вод. Высокоминерализованные шахтные воды, хозяйственные воды и воды оборотного цикла обогащения сбрасываются в хвостохранилища. В гидрогеохимических системах техногенных водоемов происходят процессы смешения, растворения, кристаллизации и осаждения, которые играют основную роль в формировании их химического состава. Минерализация воды в них колеблется от 3,9 до 28,5 г/дм³. Значительная часть хвостохранилищ построена без протифильтрационных экранов, поэтому в подземные воды постоянно поступают загрязняющие вещества, что приводит к техногенной метаморфизации водоносных горизонтов. В условиях переполнения хвостохранилищ производится сброс воды из них в поверхностные водотоки (реки Саксагань и Ингулец). Таким образом, природные воды претерпевают в процессе техногенеза существенные изменения в гидродинамическом и гидрогеохимическом режимах. Вопросы метаморфизации и защиты природных вод от загрязнения рассмотрены в работах Ф.М. Бочевера, К.Е.Питьевой [2]. На сегодняшний день известны работы ученых, которые занимаются решением задач установления равновесного состава различных химических систем, а именно для условий формирования гидротермальных месторождений полезных ископаемых [3].

Целью данного исследования является изучение процессов растворения и осаждения в многокомпонентных водно-солевых системах техногенных водоемов, которые происходят в результате сброса в хвостохранилища вод различной минерализации и химического состава. Без учета указанных процессов невозможно достоверно прогнозировать химический состав техногенных вод.

Для решения вопроса о величине минерализации или ионной силы раствора, при которой растворимость слаборастворимых солей максимальна, были рассмотрены системы «вода - легкорастворимые соли – слаборастворимые соли». Если в растворе имеется твердая фаза, то на равновесие системы существенно влияет растворимость осадка. Растворимость слаборастворимых солей в чистой воде при постоянных температуре и давлении есть величина постоянная - произведение растворимости. В результате проведения экспериментальных исследований и анализа литературных данных [4] была установлена минерализация растворов легкорастворимых солей, при которой произведение растворимости слаборастворимых солей максимально (табл. 1).

Таблица 1

Максимальные значения произведения растворимости слаборастворимых солей в зависимости от содержания легкорастворимых солей

Гидрохимическая система	Произведение растворимости слаборастворимой соли	Растворимость легкорастворимой соли, г/дм ³
NaCl – CaSO ₄	1,00	142,0
NaCl – CaCO ₃	2,57	46,80
NaCl – MgCO ₃	1,88	90,30
Na ₂ SO ₄ – CaCO ₃	2,25	112,70

Na ₂ SO ₄ – MgCO ₃	1,58	174,30
MgCl ₂ – CaSO ₄	0,94	99,2
MgCl ₂ – CaCO ₃	2,18	166,70
MgCl ₂ – MgCO ₃	1,32	0,001
MgSO ₄ – CaCO ₃	2,36	74,10

Для сравнения в таблице 2 приведены значения растворимости легкорастворимых солей и произведения растворимости слаборастворимых солей в дистиллированной воде.

Таблица 2

Произведение растворимости слаборастворимых солей и растворимость легкорастворимых солей в дистиллированной воде

Название соли	Произведение растворимости слаборастворимой соли	Растворимость легкорастворимой соли, г/дм ³
NaCl	359,0	–
Na ₂ SO ₄	192,0	–
MgCl ₂	548,0	–
MgSO ₄	351,0	–
CaCO ₃	–	8,42
CaSO ₄	–	4,6
MgCO ₃	–	4,67

Из табл. 1 и 2 видно, что произведение растворимости слаборастворимых солей (CaSO₄, CaCO₃, MgCO₃) в растворе в 2,5 – 4 раза больше, чем в дистиллированной воде. Кроме того, видно, что процессы осаждения наблюдаются в гидрохимической системе NaCl – CaCO₃, например, при содержании хлорида натрия 46,8 г/дм³.

Построены графики зависимости величины произведения растворимости слаборастворимой соли от содержания в растворе легкорастворимой соли для исследуемых систем. Анализ графиков показывает, что при увеличении минерализации до определенного значения, а, следовательно, ионной силы раствора, возрастает величина произведения растворимости, после которого растворение резко прекращается, и соли выпадают в осадок.

Такое явление наблюдается не только в лабораторных, но и реальных условиях. В табл. 3 приводятся среднесезонная минерализация шахтных вод Криворожского железорудного бассейна по результатам наблюдений с 1970 по 2004 гг.

Как видно из табл. 3, воды, которые сбрасываются из шахт «Родина» и «Октябрьская», имеют минерализацию до 140 г/дм³; ионная сила раствора составляет 2,9. Тип воды хлоридный натриево-магниевый. Прямое их сбрасывание в хвостохранилище приведет к растворению карбонатов кальция и магния, а возможно, и сульфата кальция, что в свою очередь приведет к увеличению общей минерализации воды в хвостохранилище. Если в дальнейшем будут сброшены слабоминерализованные хозяйственные воды или воды обогащения, то эти же соли начнут выпадать в осадок. Это явление имеет большое практическое значение, потому что хвостохранилища Кривбасса, как было сказано выше, не имеют противифльтрационной защиты. Карбонаты кальция и магния, сульфат кальция, осаждаваясь на дне хвостохранилища, существенно уменьшают проницаемость пород, что снижает затраты воды из хвостохранилища на фильтрацию, и, соответственно, снижают загрязнение подземных вод, которые имеют с хвостохранилищем гидравлическую связь. При сбросе вод хвостохранилищ в реки наблюдается такое же явление, т.е. осаждение слаборастворимых солей на дне водотоков. Это приводит к изменению состава донных отложений и в целом гидробиотической системы реки.

Таблица 3

Характеристика шахтных вод Криворожского железорудного бассейна

Шахта	Абсолютная отметка горизонта, м	Минерализация, г/дм ³
Им. Фрунзе	-314,8 – 804,0	3,5 – 12,7
«Большевик»	-624,8 – 743,0	3,3 – 33,1
«Октябрьская»	-898,8 – 1037,6	14,1 – 83,9
«Коммунар-Победа»	-380 – 540,0	6,5 – 11,5
«Саксагань»	–	2,3 – 47,9
«Гигант»	-331,5 – 380,0	1,6 – 6,6
«Дренажная-2»	-416,8	8,3
«Родина»	-931,8 – 1159,5	19,0 – 133,7
«Северная»	–	4,0 – 9,0
Им. Артема № 1	–	4,8 – 26,7
Им. Валявко - Северная	–	7,2 – 12,8
«Южная»	–	до 3,0
«Новая»	–	2,6 – 3,9

Таким образом, полученные результаты имеют научное и практическое значение:

- установлена величина содержания легкорастворимых солей, при которой слаборастворимые соли имеют максимальное произведение растворимости;
- сброс только высоминерализованных шахтных вод в хвостохранилища крайне нежелателен; можно рекомендовать или одновременный сброс или предварительное их смешение с хозяйственными или другими маломинерализованными водами;

– недопустимо сбрасывать высокоминерализованные воды хвостохранилищ в реки, т.к. это приведет к необратимым экологическим последствиям.

Литература

1. Бочеввер Ф.М., Лапшин Н.Н., Орадовская А.Е. Защита подземных вод от загрязнения. – Л.: Недра, 1979. – Т.1. – 512 с.
2. Питьева К.Е. Гидрогеохимия. – М.: Изд-во МГУ, 1978. – 325 с.
3. Рыженко Б.Н., Крайнов С.Р., Шваров Ю.В. Физико-химические факторы формирования природных вод (верификация модели “порода-вода”) // Геохимия. – 2003. – № 6. – С. 630 – 640.
4. Экспериментальные данные по растворимости многокомпонентных водно-солевых систем: Справочник. – СПб.: Химиздат, 2003. – Т.1. – 543 с.

ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ ПОДЗЕМНЫХ ВОД ЗАПАДНОГО СКЛОНА ТОМЬ-ЯЙСКОГО МЕЖДУРЕЧЬЯ

А.А. Балобаненко

Научный руководитель доцент Н.А. Ермашова
Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

Томь-Яйское междуречье – единственная часть Томской области, испытывающая дефицит в воде. Главным источником хозяйственно-питьевого водоснабжения данного района являются подземные воды палеозойских отложений, представленных переслаивающимися песчаниками, аргиллитами и сланцами. Водовмещающие отложения ниже - среднекаменноугольного возраста басандайской и лагерносадской свит и турнейского яруса сменяются в восточном направлении образованиями среднего и верхнего девона (юргинская и пачинская свиты). В долинах рек и некоторых оврагов они выходят на поверхность, а на высоких отметках рельефа залегают на глубинах до 100 м [1].

Основные водные ресурсы сосредоточены в зоне региональной экзогенной трещиноватости, мощность которой достигает 70 – 80 м. Она осложнена многочисленными дайками и тектоническими разрывными нарушениями, в связи с этим территория характеризуется резкой изменчивостью фильтрационных свойств и обводнённости. Удельный дебит скважин колеблется от нескольких сотых долей до 1,5 л/с, а их производительность – в пределах 3 – 50 м³/ч.

Гидрогеодинамические условия характеризуются нарушением фильтрационного потока в связи с активной дренирующей ролью всех притоков р. Томи, но основной дренажной этой территории является р. Томь.

Наши исследования базируются на материалах ТПЭ, которые включают данные по 52 скважинам, расположенным по всей исследуемой территории. В ходе работы была создана база данных в программе EXCEL. Статистическая обработка данных, а так же визуализация выполнялись с использованием пакета Statistica и графических программ Surfer и Coreldraw.

Основная задача гидрогеохимических исследований территории Томь-Яйского междуречья – выявление закономерностей пространственного распределения минерализации, ее составляющих, а также других компонентов, формирующих качество питьевых вод; в конечном итоге – разработка рекомендаций по снабжению населения качественной питьевой водой. На данном этапе исследований рассматривается основной состав вод западной части междуречья.

Все подземные воды отложений палеозоя на исследуемой территории являются пресными гидрокарбонатными кальциево-магниевыми (Са > Mg), натрий играет резко подчинённую роль. Воды чаще нейтральные, в юго-восточном направлении к верховьям р. Басандайки щелочность возрастает до появления слабощелочных вод. Их минерализация колеблется от 106 до 489 мг/л при среднем значении 360 мг/л. Максимальные концентрации солей характерны для восточных районов, приуроченных к водоразделу подземного стока западного направления – к р. Томи и восточного – к р. Яе (самый крупный левобережный приток р. Чулым). Это – область питания подземных вод района (линия «д. Аркашово – ст. Межениновка»). В направлении к зонам дренирования она уменьшается с абсолютным минимумом 50 мг/л в поймах рр. Ушайка и Басандайка (рис.1, а). С точки зрения питьевых качеств почти на всей территории воды имеют максимально благоприятную для организма человека солёность – 0,3 – 0,5 г/л.

Основной составляющей минерализации являются гидрокарбонаты. Зависимость между ними линейная с коэффициентом парной корреляции 0,96. Пространственное распределение аналогично минерализации с максимальным содержанием 549,16 мг/л и средним 424 мг/л. Минимальные значения (231 мг/л), как и минерализации, фиксируются в скважинах, расположенных на поймах вблизи русел, когда в откачиваемой воде присутствует доля речной (рис. 1, б).

Хлор в составе вод присутствует постоянно. Обычный уровень концентраций – до 7 – 10 мг/л, но в устьевой части р. Тугояковка, а также на некоторых участках пойм Басандайки и Ушайки, его содержание достигает 23 мг/л. На наш взгляд, это является, вероятнее всего, следствием загрязнения подземных вод поверхностными в местах выхода водовмещающих отложений палеозоя на поверхность или под пойменные аллювий. Поверхностные воды загрязняются в черте населенных пунктов.

Сульфаты встречаются не повсеместно и в очень незначительных количествах (2 – 3 мг/л). Более высокие концентрации (до 38 мг/л) – исключительно редки. Они зафиксированы только в населённых пунктах как свидетельство селитебного загрязнения подземных вод и ассоциируются с аналогичным источником загрязнения вод хлоридами.

В катионном составе вод резко преобладает кальций, но его роль в формировании минерализации заметно меньше, чем гидрокарбонатов, и оценивается коэффициентом корреляции 0,63, на что указывалось ранее [2]. Максимальные концентрации (до 140 мг/л) свойственны центральным частям водоразделов притоков р. Томи, а минимальные – их долинам и долине реки Томи, что соответствует основным закономерностям распределения минерализации: максимумы – в областях питания (рис. 1, в).

Для магния максимальные концентрации наблюдаются в верховье реки Басандайки (до 44 мг/л), минимальные – в истоках реки Киргизки и в устье реки Тугояковка – 1,2 мг/л. В целом по району средняя концентрация составляет 17,46 мг/л (рис. 1, г).

Распределение натрия ещё менее чётко. Максимальная концентрация – 77 мг/л – в центре водораздела Тугояковка – Басандайка, минимальная (0,27 мг/л) – в центре водораздела Басандайка – Ушайка.

Гидрокарбонаты кальция и магния формируют жёсткость вод. Ее среднее значение составляет 6,1 ммоль/л, а минимальное – 3,1 ммоль/л, т.е. значительно ниже предельно допустимой для централизованного и для децентрализованного использования. Ее распределение соответствует распределению кальция и частично - магния. Максимумы характерны для центральной части всей территории, особенно для водораздела Ушайка-Киргизка. В зоне, тяготеющей к р. Томи, воды имеют минимальную для всего района жёсткость – на уровне 5,2 – 6,2 ммоль/л.

Гораздо более, чем жёсткость, осложняет использование вод довольно высокое содержание железа в них. В целом по территории оно распределено весьма неравномерно и, очевидно, формируется с участием значительного числа источников и факторов. Встречаются воды с содержанием общего железа менее ПДК – до 0,1 мг/л. Область малых концентраций – это большая часть территории. Выделяется лишь одна зона высоких концентраций – район д. Батурино в приустьевой части р. Тугояковки (до 20 мг/л)

Другим компонентом, осложняющим использование этих вод, может быть содержание органических веществ. Перманганатная окисляемость выше ПДК (5 мгО₂/л) встречена в водах верхнего течения р. Киргизки и в устьевой части р. Тугояковки (населённые пункты Вершинино и Батурино), т.е. просматривается ассоциативность в распределении ОВ, железа и марганца. Природа этой ассоциации пока не выявлена. Вся остальная территория характеризуется минимальными содержаниями ОВ.

Среди компонентов азотного ряда присутствует лишь аммоний, концентрации которого не достигают 2 мг/л, что значительно меньше ПДК. Следовательно, воды в естественном состоянии не загрязнены соединениями азота и с той стороны не имеют ограничений для хозяйственно-питьевого использования.

Таким образом, проведённая первичная графическая и статистическая обработка результатов полевых и аналитических исследований показала, что воды исследуемого района по геохимическому облику, минерализации, концентрациям макрокомпонентов и некоторых специальных компонентов являются типичными для всего среднесибирского региона. Они не уступают по качеству водам Обь-Томского междуречья, а по некоторым показателям превосходят их (например, по минерализации, хлору). В этом районе отсутствуют крупные потребители воды, а для небольших водопотребителей, особенно при децентрализованном водоснабжении, потребуются несложные системы водоподготовки, а в некоторых случаях вода в естественном состоянии, в том числе по железу, отвечает требованиям к питьевой воде.

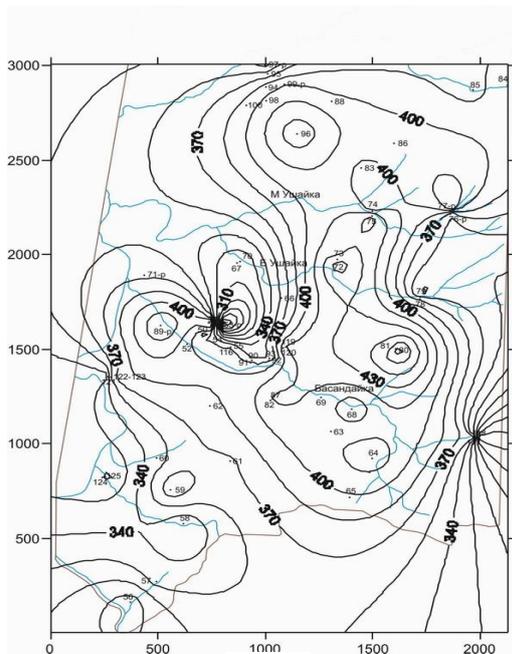


Рис. а

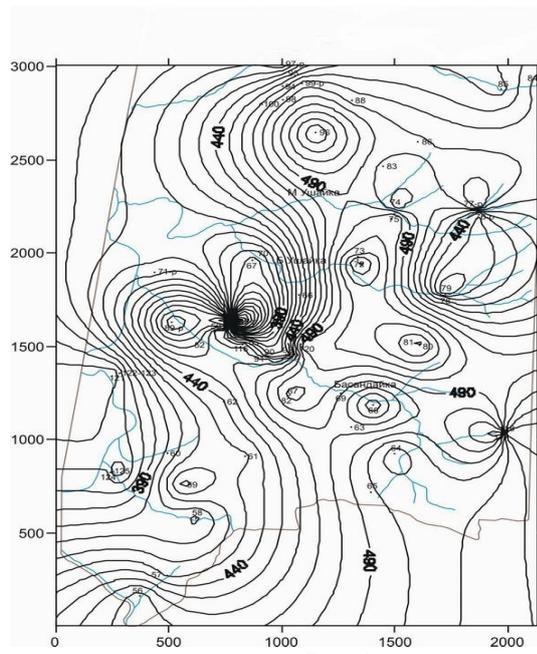


Рис. б

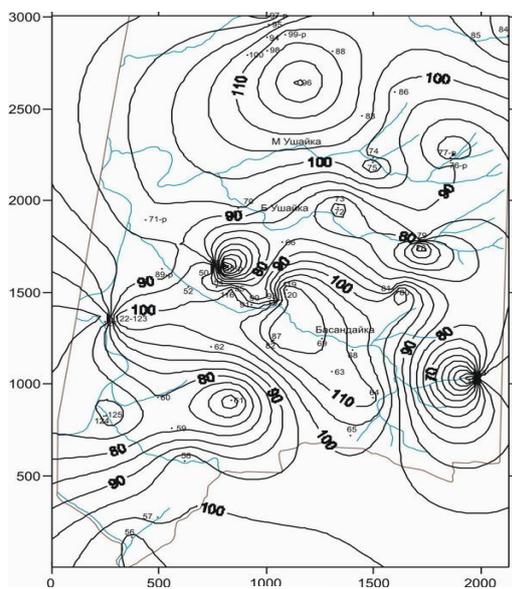


Рис. в

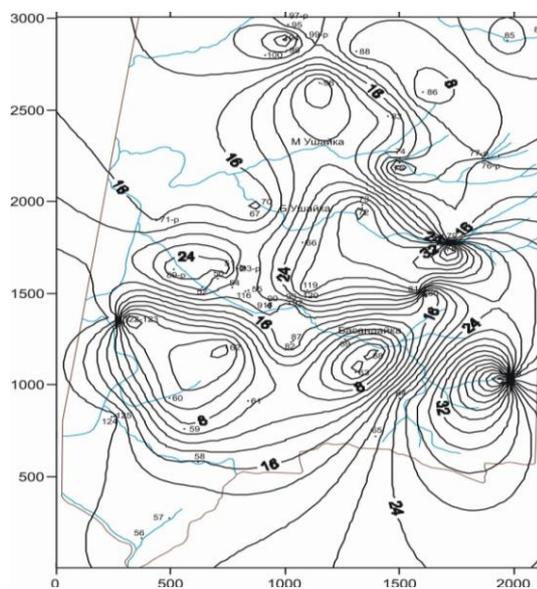


Рис. г

**Рис. 1. Распределение основных составляющих компонентов подземных вод:
а – минерализация, мг/л; б – гидрокарбонаты, мг/л; в – Ca, мг/л г – Mg, мг/л**

Литература

1. Врублевский В.А., Нагорский М.П., Рубцов А.Ф. Геологическое строение области сопряжения Кузнецкого Алатау и Кольвань-Томской складчатой зоны. – Изд-во Томск, 1986. – 96 с.
2. Ефимова И.В. Динамика минерализации и Fe - Mn комплекса подземных вод западного склона Томь-Яйского междуречья //Труды седьмого международного научного симпозиума имени академика М.А.Усова. – Томск, 2003.

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ТРАНСФОРМАЦИИ СОДЕРЖАНИЯ КАДМИЯ В СИСТЕМЕ «ПОРОДА – ТЕХНОГЕННЫЙ РАСТВОР»

В.А. Белецкая

Научный руководитель главный научный сотрудник А.А. Кроик
Днепропетровский национальный университет, г. Днепропетровск, Украина

При решении целого ряда экологических задач, связанных с предупреждением и снижением загрязнения природных вод, выбором инженерных мероприятий по защите водозаборов, прогнозированием загрязнения подземных вод необходимо учитывать физико-химические процессы, протекающие в системе „порода – вода”.

Согласно Глазовской М.А. [2], для разных ландшафтно-геохимических условий возможности образования элементами тех или других форм миграции неодинаковые. Во время поступления техногенных веществ на поверхность грунта и дальше с их передвижением на глубину за счет геохимической миграции происходит перераспределение элементов в природных телах.

Необходимо сконцентрировать внимание на постоянном химическом процессе изменения состояния тяжелого металла при миграции из одной среды в другую. Этот процесс возможно оценить с помощью понятия “геохимическо-трансформационная миграция” – изменения химического состояния определенного токсиканта вследствие его передвижения в окружающей среде и взаимодействия с природными элементами (или с минеральной составляющей породы) а также с другими техногенными элементами.

Для изучения малых геохимических циклов элементов в природно-техногенных системах, связанных с антропогенным влиянием разных видов промышленности, которые формируют стоки, наиболее важное значение приобретает выяснение пребывания тяжелых металлов в составе разных породных или почвенных компонентов. Процессы, которые происходят в системе «порода – техногенный раствор» могут, с одной стороны, способствовать уменьшению концентрации загрязняющих компонентов, а с другой – обуславливать техногенные изменения самой породы.

Целью данной работы является изучение процессов трансформации содержания кадмия в системе «порода – техногенный раствор» путем установления форм связывания металла породами и их количественной оценки.

Исследования процессов трансформации кадмия в системе «порода – техногенный раствор» включали экспериментальное моделирование процессов поглощения кадмия осадочными породами. Техногенная нагрузка варьировалась концентрацией ионов кадмия в жидкой фазе. В экспериментах были использованы растворы с концентрацией металла от 50 до 200 мг/дм³. После установления равновесия в системе «порода – техногенный раствор» твердая фаза отделялась центрифугированием и подвергалась многоступенчатой десорбции специфическими реагентами (экстрагентами) по существующим методикам [3] с целью выяснения форм связывания поглощенного металла. Содержания ионов кадмия, кальция и магния в растворе после взаимодействия в системе «порода – техногенный раствор» и в экстрактах после десорбции анализировалось методом атомно-абсорбционной спектроскопии.

Фазовым анализом определялись количество кадмия, связанного в обменной форме, в форме, связанной с карбонатами, гидроксидами марганца, аморфными и окристаллизованными оксидами железа. Нерастворившееся в процессе многоступенчатой десорбции количество металла было отнесено к остаточной фракции, соответствующей связыванию металла в прочнофиксированной форме.

На основе результатов, полученных при изучении десорбции кадмия из пород, а также с учетом изменений в системе при межфазном взаимодействии во время предварительного насыщения породы кадмием (процесс сорбции) был составлен баланс распределения тяжелого металла и кальция в модельной системе «порода – техногенный раствор».

Среди форм нахождения тяжелых металлов в осадочных породах определенное место занимают обменные формы. Соответственно существующим представлениям [4] именно легкорастворимые и обменные формы относятся к подвижным (мобильным) и играют значительную роль в формировании миграционного потока компонентов-загрязнителей. Именно из обменной формы “закрепленные элементы” (тяжелые металлы) могут при изменении физико-химических условий или химического состава стоков или фильтратов из отходов переходить в фильтрующиеся воды, что приводит к вторичному загрязнению окружающей среды.

Отношение концентраций ионов в ионите можно определить как функцию активностей ионов в растворе при сменном составе раствора. Уолтон [1] при экспериментальном изучении процессов ионного обмена разными ионитами получил зависимости, которые могут быть описаны следующим уравнением:

$$\frac{[A^+]}{[B^+]} = K'_{AB} \left(\frac{(AX)}{(BX)} \right)^n$$

где $[A^+]$ и $[B^+]$ – активности катионов в растворе, (AX) и (BX) – концентрации ионов в ионите (в нашем случае – в породе), n – показатель степени, K'_{AB} – константа обмена.

Согласно приведенному уравнению зависимость логарифма отношения активностей ионов в водном растворе от логарифма отношения концентраций ионов в ионите имеет прямолинейный характер. С использованием этой зависимости нами были определенные величины K'_{AB} и n для процессов ионного обмена кадмия на некоторых осадочных породах в системе «порода – техногенный раствор» (табл.). Как видно, процессы ионного обмена кадмия в глинах имеют большие количественные показатели, чем в лессовой породе.

Установлено, что образование карбоната кадмия связано преимущественно с растворением магнезита породы. Об этом свидетельствует связь количества кадмия, извлеченного на стадии определения карбонатной фракции, с содержанием карбоната магния в породах. По результатам десорбции кадмия из пород, подвергшихся техногенной нагрузке до 5 мг/г, коэффициент корреляции между кадмием карбонатным и содержанием магнезита в породах равняется 0,90. При увеличении техногенной нагрузки до 15 мг/г коэффициент корреляции между величинами снижается до 0,49, т.е. трансформация ионов кадмия в карбонатные соединения при росте нагрузки связана не только с магнезитом, а и с другими характеристиками породы.

Параметры изотермы ионного обмена «кадмий - кальций» для некоторых осадочных пород

Порода	Содержание карбонатов в породе, %	Емкость катионного обмена, мг-экв/100г	K'_{AB}	n
Лесс	28,3	18,4	$10^{-0,5}$	0,3
Глина 1	8,2	41,6	$10^{-0,8}$	0,6
Глина 2	7,9	97,6	$10^{-0,3}$	1,2

При техногенной нагрузке более 14 мг кадмия на 1 г породы изменения количества обменного кальция в поглотительном комплексе пород происходят неэквивалентно количеству обменного кадмия. Из поглотительного комплекса пород ионов кальция вымывается больше, чем поступает туда ионов кадмия. Это свидетельствует о том, что при трансформации содержания кадмия в системе «порода - техногенный раствор» параллельно с обменом «кальций – кадмий» происходит еще один обменный процесс, скорее всего, осуществляется обмен ионов кальция на ионы магния, которые появляются в растворе вследствие растворения магнезита породы.

Высокая корреляционная связь с содержанием карбоната кальция в породах (от $\gamma = 0,86$ к $\gamma = 0,94$ в зависимости от техногенной нагрузки) характерна для кадмия, который относится к остаточной фракции. Зависимость между количеством кадмия в остаточной фракции (y) и содержанием карбоната кальция в породах (x) описывается уравнениями: $y = 0,008x - 0,13$ при взаимодействии породы с техногенным раствором, в котором концентрация кадмия составляла 50 мг/дм^3 , и $y = 0,002x + 4,68$ при взаимодействии породы с раствором, имеющим концентрацию ионов кадмия 200 мг/дм^3 .

Для кадмия типично закрепление в породах в геохимической форме, связанной с аморфными оксидами и гидроксидами железа и марганца, а также со слабокристаллизованными оксидами железа. Процесс трансформации кадмия в породах с участием соединений перечисленных соединений железа и марганца осуществляется на границе с жидкой фазой с участием сил физической и химической сорбции, а затем сил химической связи. Вначале происходит сорбция ионов кадмия на поверхности оксидов железа и марганца из растворов при соответствующих значениях pH и Eh, а затем – химическое взаимодействие и закрепление тяжелого металла в кристаллических решетках оксидов. Доля кадмия, связанного с аморфными оксидами железа и марганца, а также с окристаллизованными оксидами железа, в исследованных породах после моделирования техногенного загрязнения невелика и не превышает 5 %.

Как показали наши исследования, при трансформации геохимических форм кадмия в системе «порода – техногенный раствор» наряду с растворением карбоната магния (магнезита) и образованием минеральной фазы карбоната кадмия (отавита) на поверхности карбонатов кальция происходит хемосорбция ионов кадмия с образованием труднорастворимых соединений, которые не растворяются использованными во время десорбции специфическими реагентами. Возможно также закрепление кадмия в прочнофиксированной геохимической форме за счет процессов изоморфного замещения некоторых ионов ионами тяжелого металла в решетке алюмосиликатов.

Зависимость количества кадмия, который отвечает остаточной (прочнофиксированной) фракции (y), от техногенной нагрузки (x) имеет вид: в лессовой породе $y = 0,81x - 2,0$; в глине $y = 0,44x - 1,7$.

Таким образом, выполненные исследования способствуют пониманию механизма физико-химических превращений в системе «порода – техногенный раствор», позволяют прогнозировать и количественно характеризовать поглотительную способность осадочных пород по отношению к кадмию, что может быть использовано для оценки защитных свойств горных пород при загрязнении окружающей среды тяжелыми металлами.

Литература

1. Гаррелс Р.М., Крайст Ч. Л. Растворы, минералы, равновесия. – М.: Изд-во МГУ, 1980. – 368 с.
2. Глазовская М.А. Теория геохимии ландшафтов в приложении к изучению техногенных потоков рассеяния и анализу способностей природных систем к самоочищению // Техногенные потоки вещества в ландшафтах и состояния экосистем. – М.: Недра, 1981. – С. 7 – 41.
3. Сает Ю.Е., Несвижская Н. И. Изучение форм нахождения элементов во вторичных потоках рассеяния. – М.: ВИЭМС, 1974. – 44 с.
4. Самчук А.И., Мицкевич Б. Ф., Сущик Ю. Я., Шраменко И. Ф. Подвижные формы тяжелых металлов в почвах Киевского Полесья // Геологический журнал. – 1993. – № 1. – С. 81 – 88.

ЗАКОНОМЕРНОСТИ НАКОПЛЕНИЯ СВИНЦА ОСАДОЧНЫМИ ПОРОДАМИ ЮГО-ВОСТОКА УКРАИНЫ

В.А. Белецкая, Н.Е. Яцечко

Научный руководитель главный научный сотрудник А.А. Кроик
Днепропетровский национальный университет, г. Днепропетровск, Украина

Актуальность целого ряда экологических проблем, связанных с предупреждением и снижением загрязнения природных вод, выбором инженерных мероприятий по защите водозаборов, прогнозированием загрязнения подземных вод обусловлена тем, что на юго-востоке Украины расположена большая часть предприятий, которые являются источником значительной техногенной нагрузки на окружающую среду. Свинец является одним из наиболее распространенных элементов – загрязнителей.

Для получения объективной информации о защитных свойствах геологической среды относительно загрязнения тяжелыми металлами окружающей среды необходимо иметь количественные параметры, которые характеризуют поглотительные свойства пород, т.е. их буферность.

Принято считать [1, 2], что наиболее перспективным критерием определения степени экологического риска есть показатели мобильности тяжелых металлов, которые характеризуют также способность токсикантов переходить в смежные среды. Вариантность тех или других превращений в природно-техногенной системе зависит от того, как изменяются формы соединений, в которых элементы поступают в систему, т.е. от закономерностей процессов трансформации содержания каждого из элементов.

В качестве объектов исследования в данной работе были использованы породы Украины, различные по своему минералогическому составу. Образцы пород были отобраны в Днепропетровской, Запорожской и Одесской областях. Для данных пород выполнен полный химический и гранулометрический анализ.

Насыщение пород свинцом проводилось как для условий сорбции, когда не достигнута величина предельной сорбционной емкости (исходная концентрация свинца в растворе – 100 мг/дм³), так и для условий, которые отвечают предельной сорбционной емкости поглощения свинца породой (исходная концентрация свинца - 500 мг/дм³).

После насыщения образцы пород подвергали многоуровневой экстракции разными реагентами, которые позволили определить количество свинца, который поглощается в водорастворимой и катионообменной формах, в формах, связанных с карбонатами, гидроксидами марганца, аморфными и окристаллизованными оксидами железа, в прочносвязанной форме.

По данным многоуровневой экстракции были рассчитаны величины подвижных и прочносвязанных форм свинца в различных по своему минералогическому составу породах. Подвижные формы определяли как сумму водорастворимой и катионообменной форм свинца в породе. В состав прочносвязанных форм вошло количество свинца, который поглощается породой в позициях, связанных с карбонатами, гидроксидами марганца, аморфными и окристаллизованными оксидами железа и в остаточной форме. Величины подвижных и прочносвязанных форм свинца породами, полученные для исходной концентрации свинца в растворе 500 мг/дм³, приведены в табл. 1.

Таблица 1

Распределение свинца по формам в породах

Форма нахождения металла	Суглинок		Глина		Супесь	
	мг/г	%	мг/г	%	мг/г	%
Подвижная	0,42	0,80	0,32	0,70	2,52	16,30
Прочносвязанная	49,26	99,20	44,49	99,30	12,92	83,70

Как видно из таблиц 1 и 2, способностью наиболее прочно удерживать свинец обладают суглинки и глины – 99 % всего поглощенного ими свинца находится в прочносвязанной форме. Несколько менее прочно свинец связывается супесями (83,7 % свинца находится в прочносвязанной форме). Доля подвижных форм свинца в породе не превышает даже для супесей 17 %, то есть все исследованные породы различного минералогического состава достаточно прочно удерживают свинец. Причем именно при достижении величины предельной сорбционной емкости, наблюдаются максимальные значения прочносвязанной формы нахождения свинца в породе.

Установлено, что необратимое связывание металла породами (образование прочносвязанных форм) обуславливается минералогическим составом пород, прежде всего наличием карбонатов, и химических свойств труднорастворимых соединений свинца, прочность которых характеризуется произведениями растворимости.

Сравнение произведений растворимости карбоната кальция и карбоната свинца ($PPCaCO_3 = 9 \cdot 10^{-9}$ и $PPPbCO_3 = 3,3 \cdot 10^{-14}$) показывает, что в равновесных условиях отношения концентраций ионов кальция к концентрации ионов свинца должно быть:

$$[Ca^{2+}] / [Pb^{2+}] = PP CaCO_3 / PP PbCO_3 = 104,6.$$

При $[Ca^{2+}] / [Pb^{2+}] > 104,6$ у осадок будет выпадать карбонат кальция, а ионы свинца будут сохраняться в растворе. При $[Ca^{2+}] / [Pb^{2+}] < 104,6$, наоборот, в осадке будет накапливаться карбонат свинца, а ионы кальция будут переходить в раствор.

Мы работали в пределах изменения концентрации свинца от $4,8 \cdot 10^{-6}$ до $1,4 \cdot 10^{-3}$ М. Концентрация кальция в растворе изменялась от $6,9 \cdot 10^{-5}$ до $3,1 \cdot 10^{-3}$ М. В начальный момент взаимодействия в системе “порода – техногенный раствор” концентрация ионов кальция в растворе минимальна и равняется растворимости карбоната кальция, т.е. $6,9 \cdot 10^{-5}$ М. По условию карбонатного равновесия карбонат кальция не будет растворяться, если концентрации свинца в растворе не будет преувеличивать значения:

$$[Pb^{2+}] = [Ca^{2+}] / 104,6 = 6,9 \cdot 10^{-5} М / 104,6 = 1,7 \cdot 10^{-9} М = 3,6 \cdot 10^{-4} мг/дм^3.$$

В условиях модельных экспериментов наименьшая исходная концентрация в растворе была $4,8 \cdot 10^{-3}$ мг/дм³. Т.е. при соединении фаз в системе “порода – техногенный раствор” создаются условия для растворения карбоната кальция и образования труднорастворимого карбоната свинца. При увеличении концентрации кальция в

растворе растет и значение равновесной концентрации ионов свинца по условию карбонатного равновесия. Так, если концентрация ионов кальция в растворе составляет $3,1 \cdot 10^{-3}$ М, то равновесная концентрация ионов свинца в контакте с карбонатом кальция соответственно будет $8,5 \cdot 10^{-8}$ М или $1,8 \cdot 10^{-2}$ мг/дм³.

Таким же образом возможно проследить условия образования сульфатов свинца в системе “порода – техногенный раствор”. Произведение растворимости сульфата свинца составляет $10^{-7,5}$. При концентрации ионов свинца в растворе $10^{-7,5}$ равновесная концентрация ионов SO_4^{2-} должна быть $10^{-0,3}$ М. Образование сульфата свинца в условиях установления равновесия вероятно при $[\text{SO}_4^{2-}] > 10^{-0,3}$ М. При меньшей концентрации сульфатов-ионов в растворе возможное существование ионов свинца без выпадения осадка сульфата свинца.

Установлено, что количество свинца, который связывается в породах в карбонатно-сульфатные соединения (у), зависит от техногенной нагрузки (х). Эта зависимость в разных осадочных породах аппроксимируется следующими уравнениями:

$$\text{лесс } y = 0,74x + 0,76 \quad (r = 0,99); \text{ глина } y = 0,29x + 2,52 \quad (r = 0,96);$$

$$\text{супесь } y = 0,26x + 3,99 \quad (r = 0,99), \text{ глина карбонатная } y = 0,75x + 0,02 \quad (r = 0,99);$$

Очень наглядно метаморфизация пород проявляется в области предельного насыщения породы металлом. В табл. 2 представлены результаты анализа карбонатно-сульфатной фракции исходных пород и той же фракции после предельного насыщения пород свинцом. Анализ приведенных результатов показывает, что поглощение ионов свинца из раствора и закрепление металла в твердой фазе при трансформации его в системе “порода - техногенный раствор” прежде всего связано с образованием труднорастворимых карбонатных и сульфатных соединений свинца и растворением кальцита и гипса, которые находились в породе. Процент карбонатно-сульфатной фракции свинца очень большой для всех осадочных пород, подвергшихся техногенному загрязнению: от 83,6 % в супеси до 98 % в лессе и карбонатной глине. В карбонатных породах преимущественно образовывается карбонат свинца, для некарбонатных более типично связывание свинца в виде сульфатных соединений.

Таблица 2

Трансформация свинца в карбонатно-сульфатную фракцию осадочных пород

Порода	Десорбция исходной породы			Десорбция техногенной породы						Кальций, который поступил в раствор		
	Са всего мг/г	Са карбонатно-сульфатный		Са карбонатно-сульфатный		Рб всего мг/г	Рб карбонатно-сульфатный		Рб карбонатный		Са всего мг/г	Са карбонатно-сульфатный мг/г
		мг/г	мг/г	%	мг/г		%	мг/г	%	мг/г		
Лесс	103,4	97,7	94,2	36,3	32,6	324,9	319,8	98,4	170,4	53,3	63,8	61,4
Глина карбонатная	82,8	71,1	85,9	34,3	41,4	261,3	256,1	98,0	191,3	73,2	40,0	36,7
Глина	38,9	25,8	66,3	12,2	31,4	87,0	80,0	92,0	22,3	25,6	16,0	13,6
Супесь	25,5	23,1	90,6	20,0	78,4	20,7	17,4	83,6	1,8	10,3	3,0	2,0

В исследованных глинах изменению содержания кальция в карбонатно-сульфатной фракции после техногенного преобразования пород отвечает от 75 до 87 % карбонатно-сульфатного свинца. В супеси лишь 62 % свинца, извлеченного из карбонатно-сульфатной фракции, отвечает количеству растворенного карбонатно-сульфатного кальция. Дополнительное количество извлеченного из карбонатно-сульфатной фракции свинца можно объяснить взаимодействием ионов свинца не только с кальцитом и гипсом, а также с доломитом и карбонатом магния, баланс по которым не проводился. Кроме того, возможно закрепление свинца на поверхности карбонатных и сульфатных соединений в виде твердых растворов сменного состава.

Проведенные исследования позволяют сделать вывод, что уровень техногенной нагрузки влияет не только на количество поглощенного металла, но и на распределение его между фракциями.

Результаты таких исследований являются основой для установления механизмов процессов трансформации металлов в геологической среде, при изучении их кинетики и динамики, а также при определении характеристик химических реакций, которые происходят в системе „порода – техногенный раствор” (константа ионного обмена, константа равновесия, скорость реакции и т.п.).

Литература

1. Алексеенко В.А. Экологическая геохимия. – М.: Логос, 2000. – 626 с.
2. Геохимия тяжелых металлов в природных и техногенных ландшафтах // Под ред. Глазовской М. А. – М.: МГУ, 1983. – 193 с.

ИЗМЕНЕНИЕ ГЕОКРИОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ В ПРОЦЕССЕ ЭКСПЛУАТАЦИИ СПОРТИВНОГО КОМПЛЕКСА «ЭЛЛЕЙ БООТУР»

Н.А. Васильева, А.В. Сычевский

Научный руководитель ассистент Ф.В. Митин

Якутский государственный университет, г. Якутск, Россия

В 1996 году в г. Якутске введен в эксплуатацию спортивный комплекс «Эллэй Боотур» на 500 мест с сохранением грунтов основания в мерзлом состоянии. Строительство сооружения велось в течение 2 лет (с 1994 по 1996 г.). Данное здание относится к первой категории по степени важности и имеет сложное геометрическое строение в плане. В настоящее время осуществляется активная его эксплуатация. Подполье со стороны дворового фасада замусорено, поверхность отмостки летом влажная и покрыта зимой 5 см слоем льда.

Спортивный комплекс «Эллэй Боотур» расположен на территории Центральной Якутии, на левом берегу р. Лена, в тыловом шве I надпойменной террасы [2]. Фундаментом данного здания являются свайе свай с глубиной заложения 6 – 10 м с проветриваемым подпольем. Грунты основания фундамента используются по первому принципу с техногенной мелиорацией (сезонные охлаждающие установки – СОУ).

Инженерно-геологические элементы территории сооружения представляют высокотемпературные и частично талые грунты со слабым притоком минерализованных грунтовых вод. До начала строительства температура грунтов основания составляла от +0,1 °С на глубине 3,0 метра (СТС) до -1,3 °С на глубине 10,0 метров.

По данным бурения 1995 г. литологическое описание грунтов площадки строительства следующее: для участков № 1, 4 русловой тип отложений, представленный в интервале от 0 до 1,6 м насыпным грунтом; 1,6 – 4,9 песком среднезернистым обводненным, талым; с 4,9 до 6,5 метров тот же песок, но в мерзлом состоянии. Участки № 2, 3 представлены пойменными отложениями – в интервале от 0 до 1,9 м насыпной грунт с включениями строительного мусора; от 1,9 до 3,6 м песком пылеватым талым с включениями линз супеси; ниже песок мелкозернистый мерзлый и на северной оконечности участка № 2 в интервале от 3,6 до 7,0 м погребенная линза льда.

В связи с ненадлежащей эксплуатацией инженерного сооружения, коммуникаций и использования СОУ, на данный момент под зданием наблюдаются: деформация отмостки, повсеместны следы карбонатного выщелачивания бетона (в виде известковых налетов), ржавые потеки, активно протекают процессы морозного пучения грунтов.

Непосредственно после строительства инженерного сооружения, с целью сохранения вечномерзлой толщи пород по периметру здания, а также под ним были установлены СОУ различного диаметра и конструкции. По периметру здания конденсатор СОУ имеет Т-образный вид, а под зданием – стандартной конструкции. При расчете радиуса влияния сезонно-охлаждающей установки нами были приняты следующие параметры: R_{in} – внутреннее термическое сопротивление, равное $1,5 \text{ м}^2 \cdot \text{С}/\text{Вт}$; λ_{th} , λ_f – теплопроводность талого и мерзлого грунта, соответственно 1,5 и 1,9 $\text{Вт}/(\text{м} \cdot \text{°С})$; T_{bf} – температура начала замерзания грунта, равная 0°С; T_0 – начальная температура грунта у подошвы слоя с годовыми теплооборотами, равная -6 °С; T_{in} – средняя отрицательная температура наружного воздуха, -26,3 °С; t_f – продолжительность замораживания, равная 87600 ч; L_0 – удельная теплота фазовых переходов вода – лед, равная 93 $\text{Вт} \cdot \text{ч}/\text{кг}$; ρ_d , $\rho_{d,th}$ – плотность талого грунта в сухом состоянии, 1600 $\text{кг}/\text{м}^3$; W_{tot} – суммарная влажность грунта, равная 0,25 д.ед.

Расчет радиуса замораживания осуществлялся по формуле, учитывающей радиус теплового влияния колонки, определяемый в соответствии с предложением Х.Р. Хакимова [4]

$$r_f = \eta_a r_p$$

где r_p – внешний радиус замораживания колонки, равный 0,084 м; η_a – безразмерный параметр, определяемый по номограмме [3], в зависимости от безразмерных параметров b , M , Na , которые, в свою очередь, определяются по формулам:

$$M = \frac{\lambda_{th}(T_0 - T_{bf})}{\lambda_f(T_{bf} - T_0)}, \quad Na = \frac{\lambda_f(T_{bf} - T_{in})t_f}{r_p^2 L_0 \rho_{d,th} W_{tot}}$$

Согласно номограммам величина η_a равна 20, значение радиуса охлаждения для Т образных СОУ составило 1,7 м, а для СОУ обычной конструкции соответственно 2,1 м.

С целью определения температурного режима основания сооружения в 2003, 2005 г. выполнены геотермические работы с помощью установки терморезисторных датчиков типа ММТ-4, точность $\pm 0,1 \text{ °С}$ [1].

Анализируя полученные данные, начиная с глубины 3,0 метра были выделены локальные температурные участки, прослеживаемые до глубины 7,0 м. На глубине 10,0 м картина температурного поля меняется – как по величинам максимальных и минимальных температур грунта, так и по локализации участков. Форма участков воронкообразная, что говорит о неравномерной работе сезонноохлаждающих установок; это может являться следствием погрешностей в работе СОУ, а также зависеть от теплофизических характеристик грунта. Максимальные температуры отмечались по данным замеров в скважине № 4, расположенной вблизи неработающей охлаждающей установки. Минимальные температуры получены для скважины № 277, в 2 – 3 м от данной трубки находятся две неработающие СОУ (табл.).

По сравнению с данными 1995 г. произошло значительное понижение температур грунтов территории. При этом выделенные в настоящее время участки легко прослеживаются по картам изотерм 1995, 2003 гг. В пределах рассматриваемой территории отмечается различная величина охлаждения грунтов при использовании СОУ. В ряде скважин были обнаружены ледяные пробки, что говорит о попадании поверхностных вод и возможном изменении температурных показателей грунта.

Таблица

Минимальные и максимальные температуры грунтового основания

Глубина, м	3		5		7		10	
№ скважины	4 участок № 4	277 участок № 3	4 участок № 4	277 участок № 3	277 участок № 3	4 участок № 4	4 участок № 4	524 участок № 3
Максимальная температура, °С в 2003 г	+3,0		-3,4		-5,0		-5,1	
Минимальная температура, °С в 2003 г.		-5,2		-6,4		-7,0		-9,8
Температура грунтов в данной точке в 1995 г.	+0,1	-1,0	-0,1	-0,7	-0,3	-0,9	-0,5	-1,3

В 2005 г нами были продолжены мониторинговые наблюдения температурного режима рассматриваемого участка. Проводился подсчет площади выделенных участков и построение графиков и схем распределения температур.

С глубиной выделенные площади участков изменяются:

1) на глубине 5 м.

I участок имеет площадь 60 м², III участок – 150 м², а площади IV и II участков по сравнению с 2003 г. значительно увеличились; так площадь IV возросла на 70 % (170 м²), а II – на 66 % (2000 м²).

На данной глубине наблюдается аномально низкая температура в скважинах 385 и 446.

2) на глубине 7 м. площадь I участка составила 100 м², II – 2800 м², III – 100 м², IV участок входит в состав второго.

По сравнению с 1995 г. произошло значительное понижение температуры. Изменение температуры за период с 1995 по 2005 гг. для участка IV составил 2,9 °С на глубине 3 м, 3,3 °С на глубине 5 м и 4,7 °С на глубине 7 м. Для участка III соответственно 4,2 °С; 5,7 °С; 6,2 °С.

В связи с интенсивным освоением территории, изменением климата и ненадлежащей эксплуатации инженерных коммуникаций и сооружений мы предлагаем продолжить уникальный ряд геотермических исследований для прогнозирования динамики температурного поля. В ходе исследований на территории спортивного комплекса предполагается провести работы по изучению температурного режима пород, мониторинг экзогенных процессов, оценку степени деформации здания.

Литература

1. Балобаев В.Т., Володько Б.В., Девяткин В.Н. Руководство по применению полупроводниковых терморезисторов для геотермических измерений. – Якутск: Институт мерзлотоведения СО АН СССР, 1985. – 48 с.
2. Коржув С.С. Геоморфология долины средней Лены и прилегающих районов. – М.: Изд-во АН СССР, 1959. – 150 с.
3. Основы геокриологии. Ч.5. Инженерная геокриология / Под ред. Э.Д. Ершова. – М.: Изд-во МГУ, 1999. – 526 с.
4. Хакимов Х.Р. Вопросы теории и практики искусственного замораживания грунтов. – М.: Изд. АН СССР, 1957. – 191 с.

ГИДРОГЕОХИМИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ТЕХНОГЕННОНАРУШЕННЫХ ТЕРРИТОРИЙ

И.А. Власова

Научный руководитель доцент Н.П. Шерстюк

Научно-исследовательский институт геологии

Днепропетровского национального университета, г. Днепропетровск, Украина

Учитывая возрастающее воздействие техногенных факторов на гидрогеохимическую среду, применение математического моделирования в гидрогеохимии подтверждает свою актуальность и целесообразность. Для решения задач мониторинга могут быть использованы гидрогеохимические модели (ГХМ).

ГХМ должна отражать основные закономерности гидрогеохимической ситуации, включая факторы естественного и техногенного формирования химического состава подземных вод.

Актуальной является задача создания ГХМ для Криворожья. Территория Криворожского железорудного бассейна имеет сложную гидрогеохимическую обстановку, которая в настоящее время осложнена добычей, переработкой, обогащением и транспортировкой железных руд. На территории Криворожского железорудного бассейна уже около 100 лет ведется добыча железной руды. В бассейне известно около 300 залежей богатых руд, которые в пределах бассейна объединены в 25 месторождений. Полоса месторождений руды тянется в Кривбассе на расстояние около 100 км вдоль р. Ингулец и ее притоков. Глубина самых крупных карьеров по добыче железной руды превышает 200 м. В непосредственной близости к карьерам располагаются отвалы. Как правило, на территориях горно-обогатительных комбинатов располагается большое количество объектов, которые влияют на гидрогеохимическую обстановку: хвостохранилища, промплощадки, жилмассивы и т.д. Каждый из этих объектов имеет свое техногенное влияние, которое отличается по объему, площади, химическому составу технических вод.

Нами создана гидрогеохимическая модель для изучения гидрогеохимической ситуации на техногеннонарушенных территориях, в частности для Северного горно-обогатительного комбината.

Важной особенностью ГХМ является одноразовый ввод информации при ее создании и последующее многократное использование модели, пополнение и изменение банка данных в процессе эксплуатации.

Для выявления закономерностей и прогноза гидрогеохимической ситуации на территории с техногенной нагрузкой построены ГХМ по данным гидрогеохимического мониторинга.

Построение ГХМ можно подразделить на два этапа:

1. проведение многомерного регрессионного анализа для описания распределения компонентов по площади в любой момент времени;

2. описание изменения параметров многомерной регрессии во времени для прогноза гидрогеохимической ситуации на последующий момент времени.

Многомерные регрессионные модели известны различных типов: линейная, квадратическая, степенная, показательная, сплайн-регрессионная и т.д.

Из всех перечисленных выше типов моделей наиболее предпочтительной для решения данной задачи является многомерная линейная регрессионная модель.

Гидрогеохимические модели созданы для всей территории СевГОКа. Для более детального описания методики создания ГХМ нами выбрана промплощадка. Наиболее крупными техногенными объектами являются две обогатительные фабрики; участок граничит с Анновским карьером и аварийной емкостью. Таким образом, с точки зрения техногенного влияния данный участок является наиболее сложным. Гидрогеохимическими наблюдениями охвачен период с 1990 по 2000 г. Для данной территории был проведен многомерный линейный регрессионный анализ с помощью пакета прикладных программ REGRES [2] для сухого остатка на каждый момент времени. Оценки параметров многомерной линейной регрессионной модели типа

$$SOST = A0 + A1 x + A2 y, \quad (1)$$

где SOST – сухой остаток, г/дм³;

A0, A1, A2 – параметры многомерной регрессионной модели;

x, y – координаты скважин, м, приведены в таблице 1.

Таблица 1

Оценки параметров многомерной регрессионной модели

Дата отбора пробы	Параметры регрессии		
	A0	A1	A2
20.09.98	497,9	593,1	254,6
20.12.98	-197,2	818,8	499,7
20.03.99	-376,5	821,4	589,5
20.06.99	-534,9	989,7	659,4
20.09.99	-497,7	904,3	777,2
20.12.99	1730,5	84,9	83,8
20.03.00	1245,4	208,5	99,7
20.06.00	1189,7	325,9	194,4
20.09.00	1397	483,1	1033,4
20.12.00	476,6	576,9	473,1

Как видно из таблицы, параметры A0 и A2 имеют как положительные значения, так и отрицательные. Это связано с разнообразной техногенной нагрузкой (обогатительные фабрики, утечки из водонесущих коммуникаций и аварийной емкости). При построении многомерной линейной регрессионной модели были определены скважины, по которым погрешность была максимальной. В большинстве случаев это краевые точки модели. На основании построения моделей можно дать рекомендации по оптимальному расположению скважин, по которым ведется отбор проб воды на химический анализ.

Таким образом, первый этап построения ГХМ завершен.

Переходим ко второму этапу – составление уравнения регрессии изменения параметров многомерной модели во времени.

Минимально допустимое количество значений для достоверной обработки – 10 [1]. Поэтому для определения изменения параметров многомерной регрессии во времени (с третьего квартала 1998 г. по третий квартал 2000 г.) был проведен регрессионный анализ и выбрана линейная модель. Параметры данной модели приведены в таблице 2.

Таблица 2

Оценка параметров линейной регрессии (по времени)

Параметры линейной регрессии					
A0		A1		A2	
a0	b0	a1	b1	a2	b2
-200,26	3063,58	41,82	289,87	106,43	-1433,63

Гидрогеохимическая модель на первый квартал 2000 г. выглядит следующим образом:

$$SOST = t (-200,3 + 41,82x + 106,4y) + 3063,6 + 289,9x - 1433,6y. \quad (2)$$

где t – время, сут.

Погрешность моделей не превышает 20 %.

Аналогично выглядят гидрогеохимические модели и на последующие временные шаги.

Зная координаты скважин и сухой остаток, можно рассчитать прогнозный сухой остаток на следующий момент времени в любой точке.

Таким образом:

– многомерные регрессионные модели позволяют оценить содержание макрокомпонентов в любой точке территории исследования;

– возможно построение многомерных регрессионных моделей любых зависимостей, включая сплайн-регрессионные модели;

– многомерная регрессионная модель близка к общепринятой методике построения гидрогеохимических карт методом линейной интерполяции;

– построение серии многомерных регрессионных моделей позволяет выявить закономерности изменения параметров моделей во времени и составлять прогнозные многомерные регрессионные модели: прогнозная многомерная регрессионная модель позволяет оценить содержание основных макрокомпонентов с погрешностью не превышающей 20 %.

Литература

1. Кноплянец А.А., Семенов С.М. Изучение, прогноз и картирование режима подземных вод. – М.: Недра, 1979. – 192 с.
2. Остропицкий В.М. Оценка динамики химического состава подземных вод Криворожья // Геологія. Географія. Зб. наук. праць. – Дніпропетровськ. Вид-во ДГУ. – 1998. – С. 91 – 96.

АРАЛЬСКИЙ РЕГИОН: ПУТИ РЕШЕНИЯ ВОДНО-ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ПРОБЛЕМ

Д.А. Голубева

Научный руководитель доцент Н.А. Ермашова
Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

Водные проблемы XX-го века еще более обострились в XXI-веке. Человечеству катастрофически не хватает пресной воды, и оно все чаще обращает взоры на те районы, где такой воды в избытке.

Регион Арала за последние десятилетия превратился в один из самых экологически напряженных районов планеты, практически – в регион экологической катастрофы, грозящей перекинуться на южные районы России. Основная причина – острая нехватка пресной воды.

Настоящая работа посвящена обзору состояния проблемы Арала и базируется, главным образом, на материалах публикаций в Internet.

Юг Западной Сибири, Казахстан и Средняя Азия всегда испытывали дефицит воды. Недостаток чистой питьевой воды и иссушение Арала – основные водные проблемы этих территорий, которые связывают с забором стока двух крупнейших рек региона – Аму-Дарьи и Сыр-Дарьи для орошения и других нужд. Из них изымается до 65 % стока, а в отдельные годы сток не доходит до Арала. Кроме того, они приносят с собой большое количество загрязняющих веществ, а именно – нефтяные углеводороды (НУ), фенолы, синтетические поверхностно-активные вещества (СПАВ), хлорорганические пестициды (ХОП), тяжелые металлы, минеральные соли. В устье минерализация достигает в Аму-Дарье 1 – 1,5 г/л, а в Сыр-Дарье – 1,5 – 2 г/л. Уменьшение стока в Арал вызвало снижение его уровня до 34 абсолютных метров в 2000 г. против 72 – 73 абсолютных метров в прежние многоводные годы [2].

В последние 5 – 10 лет за счет высыхания Арала заметно изменяются климатические условия Приаралья. Ранее Арал выступал в роли своеобразного регулятора, смягчая холодные ветры, приходившие осенью и зимой из Сибири, и уменьшая, словно огромный кондиционер, силу жары в летние месяцы. С ужесточением климата лето в регионе стало более сухим и коротким, зимы – длинными и холодными. Вегетативный сезон сократился до 170 дней. Характерная особенность климата Приаралья – резкая континентальность. На прибрежных территориях Аральского моря атмосферные осадки сократились в несколько раз. Их величина в среднем составляет 150 – 200 мм со значительной неравномерностью по сезонам. Часто в районе Аральского моря дуют сильные ветры, скорость которых достигает 20 – 25 м/с. Наиболее интенсивны и длительны они на западном побережье моря – более 50 суток [3].

Начиная с середины семидесятых годов на космических снимках в Приаралье фиксируются мощные пылевые бури, очагом возникновения которых стала обсохшая прибрежная полоса северо-восточного и восточного побережья моря. К середине восьмидесятых годов площадь очагов пылесолевых выносов составила около 2,5 тыс. км², а зона их распространения – сотни тыс. км². С одного км² обсохшего дна ежегодно выносятся около 8000 тонн соляной пыли на прилегающие плодородные земли Казахстана и Средней Азии. Отрицательные последствия выпадения соляной пыли – ухудшение качества питьевой воды и здоровья населения, снижение урожайности хлопчатника и других сельскохозяйственных культур, засоление почв, сокращение площадей пастбищ [2].

Высыхание Арала вызвало к жизни процесс двойного опустынивания. Один обусловлен появлением осушенного дна моря, второй – искусственным заболачиванием орошаемых земель. В результате в центре пояса великих пустынь образовалась еще одна новая пустыня – "Аралкум", площадь которой составляет 3,6 млн. га. Ее опасность заключается в том, что она представляет собой сплошной солончак, состоящий из мелкодисперсных морских отложений и остатков минеральных отложений, вымытых с орошаемых полей. В результате уникальный водоем уступил место огромному горько-соленому озеру в комбинации с колоссальной соленой пустыней на стыке трех песчаных пустынь: Кара-Кум, Кызыл-Кум и Устюрт [3].

С этим связана быстрая деградация флоры и фауны региона, которые по многообразию и уникальности сравнивались ранее только с Африкой.

Уже в 60-е годы прошлого столетия при изучении водного баланса Аральского моря установлено, что без переброски больших объемов воды в Арал он, как водоем, обречен на высыхание.

Что касается идеи обводнения южных засушливых земель за счет северных, имеющих много воды, то она относится к середине 16 в., когда река Аму-Дарья полностью повернула в Аральское море. Как доказано учеными, произошло это в 1573 г., до того она впадала в Каспийское море и нынешние пустыни Туркмении были многоводны и наполнены жизнью. В 1714 г. туркмен Хаджа обратился к Петру I с идеей вернуть реку в старое русло. Петр I увидел в этом предложении возможность осуществить свою мечту: «Путь водяной из Санкт-Петербурга по Волге через Каспий и далее по Аму-Дарье в Индию».

Вновь возникла эта идея в 1864 г., когда киевский гимназист Лев Демченко в своем сочинении на тему «О климате России» предложил проект улучшения климата за счет вод Сибирских рек.

Вернулись к этой идее в 70-х годах XX столетия. Многими НИИ и проектными институтами разрабатывались проекты переброски части стока бассейна Оби в Среднюю Азию, велись масштабные изыскательские работы и научные проработки отдельных сторон комплексной проблемы, однако 14 августа 1986 г. под давлением общественности все работы по переброске рек были прекращены [4].

Основные возражения научной и широкой общественности сводились к следующему.

1. Для переброски стока в Западной Сибири необходимо создание крупного водохранилища. Это вызовет искусственный подпор рек и обязательно увеличит процесс заболачивания. К этому же приведет и неизбежная фильтрация из каналов.

2. Будет затоплена вся нефтегазовая низменность [5].

3. Из-за значительного испарения во время переброски вода будет приходить к месту назначения сильно засоленной.

4. Канал преградит путь диким животным и нарушит их миграционные маршруты.

5. Вместе с северной водой пойдет и описторхоз, которым так богаты северные реки.

6. Реки несут тепло на север и из-за оттока воды граница холода передвинется к югу на 50 км [6].

7. Произойдет повышение солености Обской Губы и сокращение площадей нерестилищ ценных пород промысловых рыб.

8. Из всего объема воды, ежегодно расходуемой этими территориями на орошение, до полей доходит меньше половины [7].

Против данного проекта выступали писатель С.П. Залыгин, академик А.Л. Яншин, председатель научного совета по проблемам биосферы АН СССР, известный ученый академик Д.С. Лихачев [3].

В наше время идея переброски северных вод в Среднюю Азию выдвинута и активно продвигается мэром Москвы Ю.М. Лужковым. Она обсуждается в Госдуме, в Шанхайской Организации сотрудничества с участием глав государств – членов этой организации. Возможность переброски части стока реки Оби в Среднюю Азию в современных условиях осложняется рыночными и политическими реалиями [8].

В 70 – 80 гг. предполагалось, что канал должен начинаться от устья Иртыша, пройти через Западную Сибирь, Тургайский прогиб и далее – к Аральскому морю. В настоящее время ситуация изменилась. Китай активно забирает воду в верховьях р. Иртыша, основного притока р. Оби. По международному соглашению он имеет право забирать себе 50 % воды, которая течет по его территории. В связи с этим вопрос о пользовании ресурсами Иртыша и Оби в целом еще более сложен, чем 30 лет назад, когда планировался этот проект.

Сейчас выдвигается другой вариант канала: воду планируют забирать из р. Оби в районе г. Ханты-Мансийска (Тюменская область), далее – по первоначальному варианту. Воду надо будет поднимать на 110 м, для чего понадобится восемь насосных станций. Протяженность канала – 2550 км, пропускная способность – 1150 м³/с, ширина – 200 м, глубина 16 м. Планируется, что из Оби будут изымать 27 – 37 км³/год. Пять кубокилометров воды из канала «достанутся» Курганской, Челябинской и Омской областям, остальная вода пойдет в Северный Казахстан и Среднюю Азию [9].

Доводы в пользу реализации идеи, еще не превращенной в проект:

1. Выгода для России. «Сотрудничество России с Центральной Азией скоро будет определяться не столько нефтью и газом, сколько водой» – так считает посол Казахстана в РФ.

2. Острый дефицит чистой питьевой воды в странах Центральной Азии серьезно угрожает не только экологии и экономике, но и безопасности России. Главная опасность – возможность социального взрыва и межнациональных конфликтов, которые перекинутся на Россию.

3. Возможность решения некоторых экологических проблем России, связанных с песчаными бурями, достигающими Оренбурга, Орска, Волгограда, южных областей Урала.

4. Геополитические выгоды: канал – это мощнейший коммерческий и геополитический инструмент давления на государства Центральной Азии [10].

Доводы против переброски части стока Оби:

1. Наступление экологической катастрофы в связи с тем, что: а) до Арала дойдет лишь около 20 км³ из всей забранной воды (около 30 км³); б) забор Китаем в верховьях Иртыша 50 % его стока наносит ущерб Казахстану и России, так как возникает острейший дефицит воды в южной Сибири. В связи с этим надо думать в первую очередь об обводнении этих земель.

Государства Средней Азии финансово не готовы покупать воду у России.

Водный дефицит Средней и Центральной Азии настолько велик, что вряд ли значительная часть Сибирских вод дойдет до Арала. Они будут израсходованы на производственное и питьевое потребление и другие нужды населения.

При грамотном использовании странами Центральной Азии собственных водных ресурсов водный дефицит этих территорий значительно сократится.

Потери из необлицованных каналов достигнут 25 % их пропускной способности.

Монокультурность сельского хозяйства (хлопководство), требующая большого количества водных ресурсов, не является оптимальной для территории [10].

Отсутствует бизнес-план и остаются без ответа главные вопросы:

а) на чем основана убежденность в экономической выгоде проекта?

б) кто конкретно будет покупателем воды и по какой цене?

- в) какое количество воды необходимо продать и по какой цене, чтобы окупить затраты?
г) существуют ли какие-либо серьезные источники финансирования проекта?

Никаких вразумительных ответов на эти вопросы нет [9].

Не всем государствам Центральной Азии нужна вода. Она не требуется Узбекистану, так как он успешно реализует программу самого водосберегающего капельного орошения.

Высыхание Арала – планетарный кризис. В связи с этим данной проблемой заинтересовались и другие страны, в частности страны НАТО. Создан Международный фонд спасения Арала и Глобальный Экологический фонд, которые, в частности, считают, что обсуждаемый проект – это способ отвлечь общество региона от долга бережно относиться к имеющейся воде.

Таким образом, через 20 лет после первой попытки реализовать идею она стала еще более острой. Ее реализация вызывает множество проблем разнообразного плана, что не позволяет найти оптимальный вариант решения. На наш взгляд, надо исходить из того, что питьевую воду в Среднюю Азию можно подать по трубопроводам, при этом не потребуются строительство крупного водохранилища. Вторую проблему – спасение Арала – можно решить переброской воды из Каспия, уровень которого непрерывно повышается. Кроме того, можно использовать пресные воды Сарезского озера на Памире, которое угрожает жителям предгорий и равнин в связи с возможностью прорыва искусственной плотины, некогда созданной землетрясением [1].

Все стороны проблемы должны быть научно обоснованы и практически просчитаны.

Литература

1. Глазовский Н.Д. Аральский кризис: причины возникновения и пути выхода. – М.: Наука, 1990. – 300 с.
2. <http://www.Aralsea.ru>.
3. <http://www.allworld.ru>.
4. <http://top100.rambler.ru>.
5. Статья «Проект поворота рек» – полигон для отработки подрыва «больших программ»; / Наш современник, 2000. – № 11. – С.
6. <http://www.kp.ru>.
7. «Комсомольская правда», 23.12. 2002 г.
8. <http://news.fergana.ru>.
9. «Воды сибирских рек в Центральной Азии: утопия или необходимый реальный проект», Мусаев Бахадыр, от 8 ноября 2002 г, г. Ташкент.
10. Бычкова Е., Писаренко Д. Вода – деньги – вода /Аргументы и факты. 07.05. 2003 г.
11. http://www.arbuz.uz/u_aral.
12. <http://eco.com.ua/cgi-bin/index>.
13. <http://www.strana.ru>.

ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ТИПЫ ПОДЗЕМНЫХ ВОД МЕЖГОРНОГО БАССЕЙНА ДАТУН (СЕВЕРО-ЗАПАДНЫЙ КИТАЙ)

А.С. Горлушко

Научный руководитель профессор С.Л. Шварцев
Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

В гидрогеологии принято выделять химические типы подземных вод по преобладающим анионам и катионам, для чего предложены многочисленные классификации. Вместе с тем при решении многих гидрогеохимических проблем такой подход далеко не всегда устраивает. Существующие химические классификации не улавливают геохимической специфики, присущей тому или иному типу вод.

Этот существенный недостаток химических классификаций прекрасно понимал В.И. Вернадский, который рассматривал воду как минерал и подошел к её классификации с таких же позиций, как это принято в минералогии. Но эта классификация природных вод не получила должного развития из-за её некоторой громоздкости, неудачной (с позиций политики) терминологии, значительного опережения времени или еще по каким-либо причинам.

Также подход к выделению геохимических типов воды предложен С.Л. Шварцевым [1], который частично строится на принципах В.И. Вернадского. В основу классификации положен принцип равновесия воды с вторичными минералами. В соответствии с развиваемыми С.Л. Шварцевым позициями, состав подземных вод есть разновидность между составом растворяемых горных пород за вычетом той части элементов, из которых образуются вторичные минералы. При этом не имеет принципиального значения тот факт, что значительным дополнительным источником элементов выступают, например, атмосферные осадки, органическое вещество, исходные морские воды и т.д.

Формирование геохимических типов вод аридных районов происходит в условиях непрерывно протекающего взаимодействия системы вода-порода при воздействии процессов испарительного концентрирования химических элементов в водах. Проблема формирования состава вод в этих условиях с позиций геологической эволюции взаимодействия системы получила новое освещение в трудах С.Л. Шварцева [1].

Бассейн Датун расположен в провинции Шаньси в 600 км на запад от Пекина и приурочен к межгорному бассейну. Внешняя область бассейна на северо-западе представлена хр. Цайюшань, на юго-востоке – хр. Хуанхуашань, между ними располагается Датунская впадина. Горные сооружения сложены осадочно-метаморфическими и интрузивными образованиями архея, протерозоя, нижнего и нерасчлененного палеозоя, пермо-карбона, юры. Прогибы и поднятия 2-го порядка внутри бассейна представляют собой крупные блоки, опущенные или приподнятые относительно друг друга по системе разломов, простирание которых подчинено общему плану складчатых структур района.

Внутренняя часть бассейна представляет собой крупный двусторонний грабен с весьма неровной поверхностью фундамента, заполненный кайнозойскими отложениями, верхняя часть которых представлена четвертичной системой [2].

Четвертичные делювиальные и аллювиально-пролювиальные отложения образуют шлейф, окаймляющий периферию Датунской впадины шириной 3 – 10 км. Они представлены песчано-глинистыми образованиями с щебнем, грубым гравием и глыбами пород. Центральная часть бассейна сложена аллювиальными песками и суглинками. В разрезе, как правило, наблюдается чередование песчаных горизонтов, часто содержащих гравий и гальку, с глинами и суглинками. По простиранию горизонты обычно выклиниваются и взаимозамещаются.

Питание подземных вод происходит за счет вертикальной инфильтрации атмосферных осадков в бассейн и бокового просачивания трещинных вод из базальтов, метаморфических пород, известняков, песчаников и глинистых сланцев, являющихся горным обрамлением бассейна, а также небольшого подземного стока из пересыхающих летом рек и орошения. Разгрузка происходит через суммарные потери воды из почвы испарением, растительной транспирацией и забора воды. Основное направление потока подземных вод на севере района – с севера на юг, и на остальной территории бассейна Датун с запада на восток.

При изучении бассейна Датун были использованы результаты анализов проб воды, отобранных Шварцевым С.Л. и Савичевым О.Г. в декабре 1999 г. (36 проб) и китайскими исследователями в сентябре 2001 г. – 30 проб.

Здесь развиты слабощелочные и щелочные воды с общей минерализацией от 0,43 до 9,4 г/л (выборка точек) и преобладают воды $\text{HCO}_3\text{-Na}$ и $\text{HCO}_3\text{-Na-Mg}$ состава (табл. 1).

Механизм формирования состава вод может быть прослежен с позиций взаимодействия в системе вода - порода. В этой связи для объяснения условий формирования химического состава вод была исследована степень насыщенности вод относительно породообразующих минералов.

Учитывая, что наиболее широким распространением в составе вмещающих пород пользуются алюмосиликаты и карбонаты, в данной работе мы рассмотрим равновесие подземных вод с такими минералами как: кальцит, каолинит, Na-монтмориллонит, анортит, мусковит, микроклин и др.

Исследования характера равновесия вод с карбонатами (рис. 1) показали, что практически все типы исследуемых вод равновесны к кальциту и только несколько точек близки к равновесию. Это свидетельствует о достижении в водах пересыщения относительно карбоната кальция, и о возможности его осаждения из вод. Это способствует формированию содовых вод в условиях замедленного водообмена.

Часть вод оказалась недонасыщенной относительно карбонатов кальция и поэтому способна выщелачивать его из водовмещающих пород.

Химический состав подземных вод бассейна Датун

№	T	pH	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	CO ₃ ²⁻	Si	NO ₃ ⁻	F	M
	°C	–	мг/л										г/л
1	12,7	8,3	30,7	82,6	419	656	471	133	13,3	4,47	8	7,3	1,79
3	11,5	8,6	39,3	93,3	332	671	307	224	12,3	4,8	75,2	3,1	1,67
4	13	8,6	16,4	19	77,6	336	11,1	0,43	8,12	4,9	12,7	0,73	0,46
6	12	8,5	12,1	25,4	124	473	18	0,76	9,05	5,76	–	1,3	0,6
9	12,4	8,2	26,4	23,7	109	442	30,5	1,2	3,78	5,22	3,4	5,08	0,63
13	14,4	8,2	22,9	97,9	694	1090	567	278	15,5	4,45	7,44	6,86	275
15	13,2	7,8	7,1	22,2	442	747	334	0,3	3,23	4,1	24,4	5,14	1,55
17	15,1	7,5	153	257	2134	1281	1673	2602	8,75	5,96	430	3,39	8,1
18	14,2	7,4	140	370	2440	1190	2137	3121	7,48	5,53	207	12,9	9,4
21	11	7,8	45	184	827	991	483	1145	7,72	4,26	14,8	2,81	3,67
25	12,9	8,2	32,9	87,1	356	458	212	530	6,26	4,2	30,7	3,75	1,67
30	17,7	8	77,9	68	973	259	785	1235	3,32	5,72	–	6,41	3,4

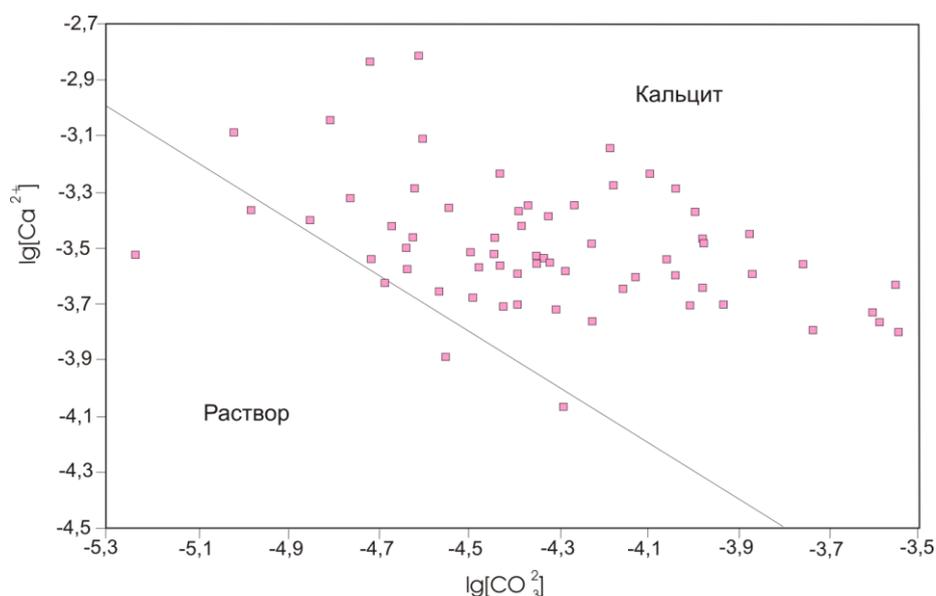


Рис. 1. Диаграмма степени насыщения вод кальцитом при 25 °C с нанесением данных по составу подземных вод

Анализ полученного при построениях материала, показывает, что взаимоотношения в системе алюмосиликаты – подземные воды являются довольно сложными и носят равновесно-неравновесный характер. По результатам наших исследований воды далеки от насыщения относительно первичных алюмосиликатов (мусковит, КПШ, анортит) и все без исключения равновесны с продуктами выветривания первичных алюмосиликатов – глинами (каолинитом, иллитом, монтмориллонитом).

Таким образом, проведенные исследования позволяют согласно классификации С.Л. Шварцева [1] выделить следующие геохимические типы вод:

- алюминиево-кремнистый (к данному типу отнесены воды района, находящиеся в равновесии с каолинитом);
- кремнисто-кальциево-магниевый (к данному типу отнесены воды района, находящиеся в равновесии с минералами группы монтмориллонитов); щелочной карбонатно-кальциевый (содовый) (к данному типу отнесены воды района, находящиеся в равновесии с кальцитом).

В заключение необходимо отметить, что на данной территории преобладают кремнисто-кальциево-магниевый (рис. 2) и щелочной карбонатно-кальциевый (рис. 1) геохимические типы вод.

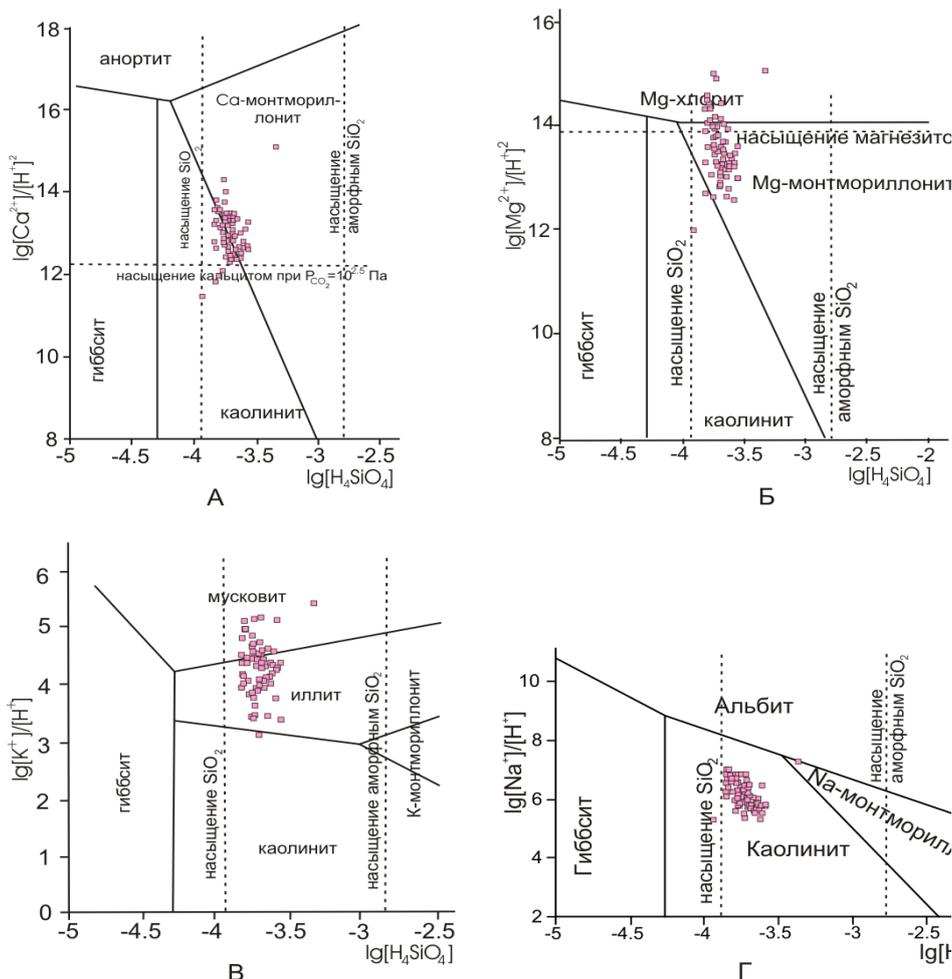


Рис. 2. Диаграммы равновесия в системе вода – алюмосиликаты при стандартных условиях с нанесением данных по составу подземных вод бассейна Датун: А – система $HCl-H_2O-Al_2O_3-CO_2-CaO-SiO_2$; Б – система $HCl-H_2O-Al_2O_3-CO_2-MgO-SiO_2$; В – система $HCl-H_2O-Al_2O_3-CO_2-K_2O-SiO_2$, Г – система $HCl-H_2O-Al_2O_3-CO_2-Na_2O-SiO_2$

Литература

1. Шварцев С.Л. Гидрогеохимия зоны гипергенеза. – М.: Недра, 1998. – 366 с.
2. Guo H., Wang Y. Hydrogeochemical processes in shallow quaternary aquifers from the northern part of the Datong Basin, China // Appl. Geochem. – 2004. – № 1. – P.19 – 27.

РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ В ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОДАХ СИБИЛЕЙСКОЙ ПЛОЩАДИ (ВОСТОЧНЫЙ СКЛОН ПОЛЯРНОГО УРАЛА)

Н.В. Гусева

Научный руководитель доцент Ю.Г. Копылова
Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

История изучения редкоземельных элементов насчитывает не одно столетие. С момента обнаружения Гадолином иттрия в 1794 г. – первого элемента плеяды РЗЭ, прошло более 200 лет до появления первых работ по геохимии РЗЭ – порядка 40 лет [1]. На сегодняшний день изучение редкоземельных элементов в водах значительно расширилось благодаря использованию современных методов анализа. По данному направлению имеется большое количество работ зарубежных и российских ученых, посвященных геохимии и геоэкологии РЗЭ. Но интерес к геохимии РЗЭ не угасает, так как вопросов возникает больше, чем можно найти на них ответов. В этой связи, в рамках данной работы рассматривается поведение РЗЭ в природных водах тундровых ландшафтов на предмет установления степени влияния внешних и внутренних факторов на распределение РЗЭ в водах. В основу работы положены материалы исследований ООО НПО «ГЕОСФЕРА» и УНПЦ «ВОДА» ИГНД ТПУ, проведенных с участием автора.

Район работ приурочен к восточному склону Полярного Урала и административно принадлежит Ямало-Ненецкому автономному округу. Ближайшие крупные населенные пункты – г. Салехард и г. Лабитнанги. Он располагается за полярным кругом и характеризуется широким развитием многолетнемерзлых толщ.

Одной из важнейших и ярких особенностей гидрографии района работ является наличие большого количества озер. В пределах Сибирейской площади насчитывается около 140 озер. Основные реки Сибирейской площади – Ензорьяха, Нганотояха, Неруцьяха, Хохорэйтанё, Нияшор. Реки обычно мелководны с быстрым течением, с узкими, часто скульптурными и слабо разработанными долинами.

Подземные воды района представлены сезонно существующими водоносными горизонтами, водами деятельного слоя, активизирующимися в период повышения температуры в весенне-летний сезон. На рассматриваемой площади подземные воды проявляли себя в форме заболоченных участков; лишь в четырех точках были обнаружены источники (т.558, 715, 881, 431), характеризующие, возможно, разгрузку межмерзлотных вод.

Летом 2005 г. сотрудниками и студентами ТПУ в составе полевого отряда ООО НПО «ГЕОСФЕРА» было произведено гидрогеохимическое опробование Сибилейской площади. В результате отобрано 697 проб воды из источников различного генезиса. Опробовались реки, озера, заболоченные участки и карьеры.

На точке опробования измерялись температура, рН, Eh, удельная электропроводность. На каждом пункте опробования отбиралось три вида проб: без подкисления объемом 0,5 л на анализ макрокомпонентов и 50 мл на микрокомпонентный анализ без подкисления, а также 25 мл с подкислением концентрированной соляной кислотой. Анализ на макрокомпоненты производился в полевой лаборатории методами турбиметрии, титриметрии, колориметрии. РЗЭ анализировались в стационарной лаборатории с использованием масс-спектрометрического метода с индуктивно связанной плазмой (ICP-MS) в химико-аналитическом центре «Плазма». При изучении распространенности химических элементов и закономерностей их поведения в водах использовались программы: HG32 (М.Б. Букаты), EXCEL, SURFER, ArcView, Statistica.

Поверхностные воды Сибилейской площади ультрапресные гидрокарбонатные магниевые-кальциевые с рН от 4,5 до 8,7, и минерализацией от 20 до 500 мг/л. В катионном составе ведущими являются Са и Mg, среднее содержание которых достигает 7,8 и 4,6 мг/л соответственно. Содержание натрия (среднее 2 мг/л) в значительной степени превышает содержание калия (среднее 0,2 мг/л). Характерными химическими элементами, склонными к накоплению в водах этого района, являются Al, Mn, Fe, их содержания, как в озерных так и речных водах находятся на одном уровне. Кремний же в речных водах содержится в количествах в пять раз превосходящих содержания в озерных водах, где его концентрация достигает 0,7 мг/л. Химический состав подземных вод близок к составу поверхностных, но разительно отличается содержанием микрокомпонентов. Так, содержание Si, Al, Mn, Fe в подземных водах в десятки раз выше, чем в поверхностных.

Содержание \sum РЗЭ + Y в водах Сибилейской площади составляет от 0,04 мкг/л до 229,87 мкг/л и уровень их концентраций значительно превышает кларк речных вод. Это характерно для всех элементов данной группы кроме Y. При этом концентрации РЗЭ в подземных водах в двое выше, чем в озерных и речных. Изменение среднего содержания РЗЭ в водах Сибилейской площади подчиняется известной закономерности поведения химических элементов в геологических оболочках Земли, согласно которой с увеличением атомного веса от Y до Lu наблюдается уменьшение их концентраций, причем содержания элементов с четными номерами таблицы Д.И. Менделеева более высокие, чем с нечетными. Самым низким является содержание самого тяжелого элемента пляды РЗЭ–Lu, концентрации которого исчисляются тысячными долями мкг/л (табл.).

В поведении редкоземельных элементов отмечается яркая положительная аномалия Ce и Nd, содержания которых значительно превышают даже содержание Y и La.

Поскольку кроме внутренних факторов, таких как атомное строение, строение электронной оболочки и других, большое влияние на поведение РЗЭ в водах оказывают внешние факторы среды – а именно геохимическая обстановка и химический состав вод, исследованы закономерности поведения РЗЭ от основных компонентов геохимической среды Eh, рН, минерализации вод. Как следует из графиков, однозначной зависимости не прослеживается. Окислительно-восстановительный потенциал заметного влияния на содержание РЗЭ не оказывает. Более заметное влияние оказывают рН и минерализация. Многими исследователями показано, что основным, если не главным, фактором, определяющим поведение РЗЭ, являются кислотно-щелочные свойства среды. При этом они влияют не только на уровни содержания РЗЭ, но и на формы миграции элементов в водах различного генезиса в зависимости от значения рН [2,4].

Нами при анализе влияния внутренних факторов на миграционную способность РЗЭ были условно разделены на две группы – легкие (Y+La-Eu) и тяжелые (Gd-Lu) согласно их атомным весам. Принципиальных различий в формах миграции тяжелых и легких РЗЭ установлено не было. Вместе с тем элементы группы тяжелых РЗЭ формируют значительно более разнообразные миграционные формы, чем легкие.

В кислых водах ведущими формами миграции РЗЭ являются формы трехвалентного катиона, гидрокарбонатных комплексов и комплексов с фтором ($P_3ЭF$)²⁺ и ($P_3ЭF_2$)⁺. Доля гидроксокомплексов ($P_3ЭОН$)⁺ в кислых водах невелика, но по мере увеличения рН их содержание возрастает и достигает максимума в нейтральных водах. В щелочных водах доля указанных комплексов уменьшается и возрастает доля карбонатных комплексов ($P_3ЭСО_3$)⁺ и комплексов с кислородом ($P_3ЭО$)⁺. Доля комплексов с Cl⁻ и SO₄²⁻ зависит от наличия в растворе соответствующих комплексообразователей. Выявленные закономерности характерны для всей пляды РЗЭ как в озерных и речных водах, так и в подземных водах, поскольку все они мало отличаются по содержанию лигандов.

Таким образом, в ходе работы был рассмотрен химический состав и выявлены особенности поведения редкоземельных элементов в природных водах Сибилейской площади. Было установлено, что содержание РЗЭ в природных водах значительно превышает кларк речных вод. Основным фактором, определяющим распространенность и формы миграции РЗЭ, является рН, в меньшей степени распределение РЗЭ зависит от химического состава ультрапресных вод.

Средний химический состав природных вод Сибирейской площади

Компоненты	Единицы измерения	Подземные воды	Реки	Озера	Сибирейская площадь	Кларк [3]
mS	mS	36,5	37,0	25,0	32,0	-
pH	-	6,1	6,6	7,3	6,6	-
Eh	mV	187,0	175,5	169,0	175,0	-
HCO ₃ ⁻	мг/л	54,8	60,3	41,6	54,4	-
SO ₄ ²⁻	мг/л	5,0	2,4	2,1	3,5	-
Cl	мг/л	0,4	0,3	0,4	0,4	-
Общая жесткость	мг/экв.л	0,8	0,9	0,6	0,8	-
Ca ²⁺	мг/л	7,8	8,8	5,5	7,8	-
Mg ²⁺	мг/л	4,7	4,9	4,0	4,6	-
Na ⁺	мг/л	1,6	2,0	1,9	2,0	-
K ⁺	мг/л	0,4	0,2	0,3	0,3	-
Si	мг/л	4,2	3,5	0,7	2,9	-
Al	мг/л	0,18	0,08	0,07	0,1	-
Mn	мг/л	0,27	0,04	0,03	0,1	-
Fe	мг/л	1,3	0,5	0,4	0,5	-
Общая минерализация	мг/л	73,9	79,8	55,1	72,4	-
Y	мкг/л	0,10	0,18	0,36	0,17	0,70
La	мкг/л	0,09	0,12	0,26	0,13	0,05
Ce	мкг/л	0,19	0,24	0,56	0,27	0,08
Pr	мкг/л	0,03	0,04	0,08	0,04	0,01
Nd	мкг/л	0,11	0,16	0,33	0,17	0,04
Sm	мкг/л	0,02	0,04	0,07	0,04	0,01
Eu	мкг/л	0,007	0,011	0,021	0,011	0,001
Gd	мкг/л	0,03	0,050	0,099	0,05	0,01
Tb	мкг/л	0,005	0,007	0,014	0,007	0,001
Dy	мкг/л	0,02	0,04	0,08	0,04	0,01
Ho	мкг/л	0,005	0,009	0,02	0,009	0,001
Er	мкг/л	0,011	0,022	0,04	0,021	0,004
Tm	мкг/л	0,0019	0,0038	0,007	0,004	0,001
Yb	мкг/л	0,011	0,022	0,04	0,020	0,004
Lu	мкг/л	0,0021	0,0044	0,008	0,0042	0,001

Литература

1. Балашов Ю.А. Геохимия редкоземельных элементов. – М.: Наука, 1976. – С. 7 – 8.
2. Иванов В.В. Экологическая геохимия элементов. Справочник / Ред. Э.К.Буренков. – М.: Экология, 1995. – Кн.6.- 576 с.
3. Справочник по геохимическим поискам полезных ископаемых / А.П. Соловов, А.Я. Архипов, В.А. Бугров и др. – М.: Недра, 1990. – С. 9 – 10.
4. Riccardo Biddau, Rosa Cidu and Franco Frau Rare earth elements in waters from the albitite-bearing granodiorites of Central Sardinia, Italy // Chemical Geology. – 2002. – V. 182, Issue 1. – P. 1 – 14.

ВЛИЯНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ПРИРОДНОЙ СРЕДЫ НА МИКРОБИОЛОГИЧЕСКИЙ СОСТАВ ВОД РОДНИКОВ

В.А. Душкина

Научный руководитель доцент Н.Г. Наливайко
Томский политехнический университет, г. Томск, России

Многолетние исследования химического и микробиологического состава вод родников г. Томска сотрудниками кафедры ГИГЭ ТПУ и НПЦ «Вода» показали, что он отражает влияние экологической ситуации в области питания, транзита и разгрузки водного потока. Были установлены определенные индикаторные физиологические группы бактерий, по которым можно судить о характере техногенной нагрузке территории нахождения родника [1].

Целью данной работы являлась изучение микробиологического состава родников, расположенных на территории не подверженной техногенному влиянию

Для достижения этой цели были выбраны два родника: у д. Цыганово, Зырянский район Томской области и родник Серебряный в окрестностях с. Вершино, Томский район, которые расположены в лесных массивах.

Для сравнения были взяты родники, расположенные на территории городской застройки, находящиеся под влиянием разной техногенной нагрузки [1]. Объектами изучения стали: родники, расположенные на территории города, но не испытывающие техногенной нагрузки (Весенний, Академический); родники, расположенные в парковой зоне города (родники в Михайловской роще и Ботаническом саду); родник Дальний ключ, находящийся под влиянием селитебной нагрузки; родники, расположенные на территории частных гаражей и автоколонны (родник на ул. Тимакова, на ул. Ар. Иванова).

Схема микробиологического анализа родников включала выявление комплекса физиологических групп бактерий, являющихся основными представителями микробного пула природных вод. Микробиологический состав

родников обусловлен также химическим составом воды, как среды обитания микроорганизмов. Поэтому в комплексе с микробиологическими исследованиями изучался их химический состав. Микробиологические и химические анализы проводили сразу же после отбора проб, минуя стадию хранения. Проведенные исследования родников выявили следующий результат (табл.).

Таблица

Микробиологический состав вод родников

Физиологические группы бактерий, кл/мл	Название родников								
	Цыгановский	Серебряный	Весенний	Академический	Ботанический	Михайловская роща	Дальний ключ	Тимакова	Аркадия Иванова
Олиготрофы	0	790	2260	1650	2080	3520	40500	4800	460
Органотрофы, общее кол-во	765	550	750	330	720	90	720	4100	1390
Психрофильные сапрофиты	441	480	10	0	260	100	230	180	1290
Азотфиксирующие	1130	–	220	120	1340	160	840	2500	660
Уробактерии	0	20	0	0	1140	0	0	30	0
Нефтеокисляющие	1720	3920	500	90	560	100	0	71000	2444
Денитрифицирующие	–		50	0	1000	10	0	10000	–
Нитрифицир., кл/мл	10	0	280	10	10000	100	1000000	1000	10
Сульфатредуцирующие	0	0	0	0	0	100	0	1000	0
Тионовые	100	0	0	0	0	10	0	10	10

Для родников, расположенных на значительном удалении от городской территории (Цыгановский, Серебряный), характерно незначительное содержание психрофильных сапрофитов; содержание олиготрофов в несколько раз превышает содержание сапрофитов; нитрифицирующие, сульфатвосстанавливающие и уробактерии отсутствуют. Отличительной особенностью является большое количество нефтеокисляющих бактерий, что не является следствием техногенной нагрузки, так как объекты – загрязнители в пределах данной территории отсутствуют. Скорее всего, наличие большого количества нефтеокисляющих бактерий связано с присутствием углеводородов в подземных горизонтах, откуда поступает вода.

Микробиологический состав вод родников Весенний и Академический отличаются повышенным содержанием олиготрофов и низким содержанием психрофильных сапрофитов, азотфиксирующих, нефтеокисляющих, нитрифицирующих и денитрифицирующих бактерий, что говорит об отсутствии влияния антропогенной нагрузки.

Для родников парковой зоны городской территории (родник в Михайловской роще, Ботаническом саду) характерны более высокие содержания микроорганизмов всех представленных физиологических групп по сравнению с родниками Весенний и Академический, что объясняется расположением данных родников в пределах селитебной зоны.

Родник Дальний ключ отличается высоким числом азотфиксирующих бактерий, вызванного влиянием хозяйственно-бытового загрязнения в пределах частного сектора городской застройки. Микробиологический состав родников на ул. Тимакова и Ар. Иванова характеризуется большим числом общего количества олиготрофов, психрофильных сапрофитов, азотфиксирующих, а также нефтеокисляющих микроорганизмов. Данная ситуация инициирована загрязнением нефтепродуктами в области питания, транзита и разгрузки родника.

Таким образом, сравнительный анализ вод родников показал, что экологическое состояние территории расположения родников, а также состояние каптажного устройства родника существенным образом влияют на количество и разнообразие физиологических групп бактерий, которые в свою очередь являются маркером влияния антропогенной нагрузки на окружающую среду.

Литература

1. Наливайко Н.Г., Кузеванов К.И., Копылова Ю.Г. Атлас бактериологических пейзажей города Томска. – Томск: STT, 2002. – 52 с.

КАЧЕСТВО ПИТЬЕВЫХ ВОД АКАДЕМГОРОДКА ГОРОДА ТОМСКА

Л.В. Заморовская

Научный руководитель доцент Е.М. Дутова
Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

Проблема сезонного или направленного изменения химического состава подземных вод в процессе длительного функционирования водозаборных сооружений имеет важное социально-экономическое, экологическое, технологическое и природоохранное значение в связи с необходимостью периодической реконструкции водоочистных сооружений для поддержания высокого качества вод хозяйственно-питьевого назначения, создания зон санитарной охраны, геомониторинга (режимных наблюдений) и опережающего прогноза изменения качества вод с целью защиты месторождения от техногенного загрязнения, предотвращения коррозии технологического оборудования и транспортных систем или отложения в них минеральных солей.

Геохимический анализ и выявление закономерностей изменчивости химического состава подземных вод палеозойских образований Академического месторождения массивно-трещинного типа за 20-летний период эксплуатации и является основной целью данной работы.

В Томске этой проблемой занимаются Покровский Д.С., Дутова Е.М., Копылова Ю.Г., Рогов Г.М., Вологодина И.В., Тайлашев А.С., Лычагин Д.В. и многие другие ученые - геохимики.

Академическое месторождение (рис. 1) является типичным примером эксплуатации вод трещинных коллекторов в предгорных условиях Алтае-Саянской складчатой области.

Эксплуатация Академического месторождения подземных вод, водовмещающие породы которого, как и палеозойских образований в целом, пиритизированы, активизирует и окисление сульфидов в зоне аэрации и водосодержащей толще. В результате в водах исследованных автором эксплуатационных скважин четко фиксируется рост содержания сульфат-иона во времени. В процессе эксплуатации содержание сульфат-иона в них изменилось от первоначального полного отсутствия (ниже чувствительности методов определения) до $60 - 70 \text{ мг/дм}^3$ в последние годы.

Окисление сульфидов сопровождается подкислением вод. Во всех исследованных скважинах наблюдается снижение показателя pH от слабощелочной и нейтральной до слабокислой.

Появление же в составе вод более высоких концентраций сульфат-иона, в свою очередь, активизирует образование комплексных соединений, чем повышает и усиливает миграционную способность элементов. Поэтому воды, формирующиеся в этих условиях, способны содержать большие количества элементов, в том числе таких, например, как кальций и магний. В этой связи, наряду с сульфат-ионом в водах эксплуатационных скважин, наблюдается повышение величины общей жесткости.

Тенденции пространственного изменения химического состава данных вод в процессе их эксплуатации на ранние годы эксплуатации и на современном этапе таковы.

На раннем этапе эксплуатации содержание сульфат-иона не превышает 10 мг/дм^3 . На современном же этапе его содержание уже доходит до $50 - 60 \text{ мг/дм}^3$.

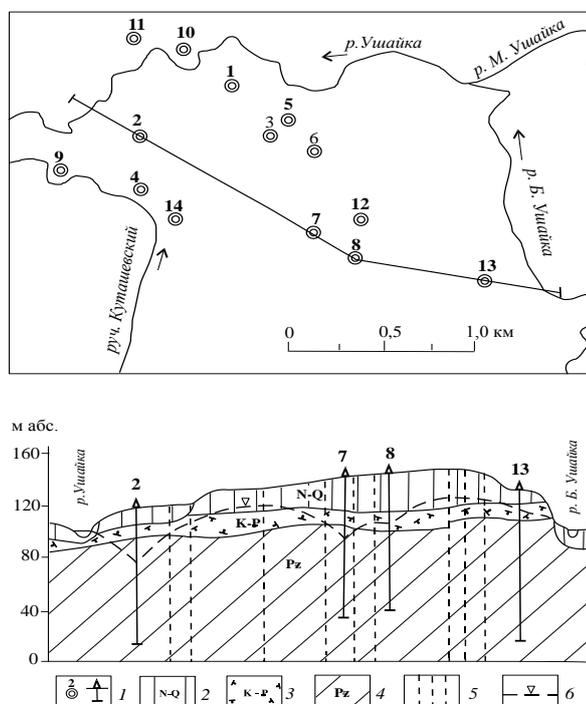


Рис. 1. Расположение эксплуатационных скважин водозабора Академгородка и схема гидрогеологического строения месторождения (по материалам В.Л. Карлсона, 1990)

Что касается pH, то начальные этапы эксплуатации характеризуются от 7,5 до 8 ед. pH. На сегодняшний день уровень pH зафиксирован не более 7,5.

По общей жесткости можно сказать, что и на раннем этапе эксплуатации ее значение было от 5 моль/м^3 до 7 моль/м^3 . На современном этапе эксплуатации ее значение стало доходить до 8 моль/м^3 .

Пространственное распределение скорости роста сульфат-иона, pH, общей жесткости в процессе эксплуатации Томского Академического месторождения природных вод имеет следующий характер.

Наибольший прирост за год сульфат-иона наблюдается в центре водозабора на наиболее эксплуатируемых скважинах.

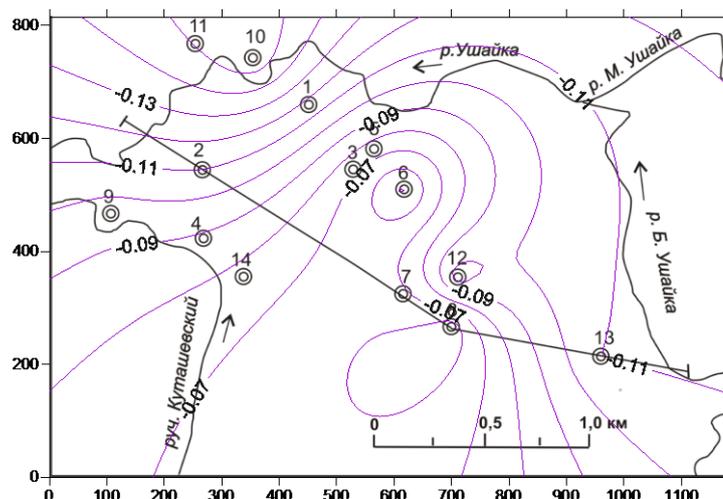


Рис. 2. Пространственное распределение скорости изменения pH в процессе эксплуатации Томского Академического месторождения природных вод

Скорость роста pH наблюдается с отрицательным знаком (рис. 2). Это означает, что уровень pH снижается. И максимальное значение скорости снижения щелочности воды наблюдается в районе 10 водозаборной скважины, которая находится у реки. Можно предположить, что это следствие того, что питание этой скважины непосредственно связано с речными водами.

Наибольший прирост за год общей жесткости также наблюдается в центре водозабора на наиболее эксплуатируемых скважинах.

В заключение нужно отметить, что в целом изменения гидрогеохимических показателей, вызванные эксплуатацией, не носят запредельный, выше нормативного характер и не выходят за типопределяющие границы, характерные для тех или иных региональных условий. Однако, возможные изменения химического состава с практической точки зрения должны учитываться как на стадиях оценки эксплуатационных запасов, так и при обосновании технологий водоподготовки в связи с тем, что длительная эксплуатация может привести к необходимости пересмотра технологических схем.

Литература

1. Дутова Е.М. Гидрогеохимия зоны гипергенеза Алтае-Саянской складчатой области. Автореферат дисс. на соис. уч. ст. доктора геол.-минер. наук. – Томск: Изд-во ТГАСУ, 2005. – 46 с.
2. Крайнов С.Р., Швец В.М. Гидрогеохимия. – М.: Недра, 1992. – 463 с.
3. Лехов А.В., Шваров Ю.В. Рост минерализации эксплуатируемых подземных вод при наличии пирита в покровных отложениях // Геоэкология. Инженерная геология. Гидрогеология. Геоэкология. – 2002. – № 4. – С. 316 – 325.
4. Покровский Д.С., Дутова Е.М., Рогов Г.М. и др. Минеральные новообразования на водозаборах Томской области / Под ред. Д.С. Покровского. – Томск: НТЛ, 2002. – 176 с.

РАСПРОСТРАНЕНИЕ ЖЕЛЕЗО ВОССТАНАВЛИВАЮЩИХ БАКТЕРИЙ В ДОННЫХ ОСАДКАХ СОДОВО-СОЛЕННЫХ ОЗЕР ЗАБАЙКАЛЬЯ

А.Г. Захарюк

Научный руководитель старший научный сотрудник Л.П. Козырева
Институт общей и экспериментальной биологии СО РАН, г. Улан-Удэ, Россия

Железо относится к металлам с переменной валентностью, что во многом определяет его огромную роль в геохимических процессах в природе. Железо поступает в водоемы с водосборной площади в виде взвесей и в растворенной форме. В результате процессов химического или биологического окисления нерастворимые окислы железа в виде взвеси поступают в донные отложения. В восстановлении железа важнейшая роль принадлежит микроорганизмам. Железо (III)-восстанавливающие микроорганизмы широко распространены в анаэробных зонах на Земле. В настоящее время микробная железо (III)-редукция считается одним из наиболее важных процессов минерализации органического углерода в окружающей среде [3]. Микроорганизмы, способные к восстановлению Fe^{3+} , широко распространены в донных осадках океанов, морей, пресных озер, разнообразной термальной окружающей среде, включающей термальные источники и гидротермальные вентры [2]. В то же время данные о распространении и выделении железо-восстанавливающих бактерий из содовых озер мира автору не известны. Филогенетически группа железо-восстанавливающих бактерий весьма разнообразна, включая представителей всех подклассов Proteobacteria. Интересной особенностью отличаются некоторые представители сем. Geobacteriaceae, способные также восстанавливать серу, нитраты и гуминовые кислоты [5]. Железо (III), сера и другие субстраты интересны тем, что их можно рассматривать в качестве акцепторов электронов в ранний, бескислородный период развития жизни на Земле.

Целью данной работы явилось получение первичных данных о распространении железоредукторов в донных осадках содово-соленых озер Забайкалья.

В крио-аридной зоне широко распространены содовые и содово-соленые озера. Высокие концентрации сульфатов и органического вещества обуславливают превалирование процесса бактериальной сульфатредукции на терминальных этапах деструкции органического вещества [1]. Вследствие этого донные осадки чаще всего представляют собой восстановленные илы с резким запахом сероводорода.

Объектами наших исследований служили донные осадки содово-соленых озер Забайкалья, имеющих различные морфометрические и физико-химические параметры: озеро Соленое – рН 9,9, общая минерализация (ОМ) 5,6 г/л; Горбунка – рН 9,1, ОМ – 8,4 – 41,3 г/л; Хилганта – рН 9,5, ОМ – 36 – 250 г/л; Нухэ-Нур – рН 9,8, ОМ – 5,7 г/л; Белое – рН 8,7, ОМ – 1,8 г/л. Концентрация сульфатов варьировала от 576 мг/л в оз. Нухэ-Нур до 1860 – 6423 мг/л в оз. Горбунка.

Для выявления железо-восстанавливающих бактерий выполняли посеы проб донных отложений в минеральную среду, содержащую 90 мМ аморфного Fe^{3+} и смесь возможных доноров электронов – пептона, сахарозы, лактата и ацетата натрия в суммарной концентрации 5 %. Среду перед посевами кипятили для удаления растворенного кислорода и доводили рН карбонат-бикарбонатным буфером в соответствии с рН озер. Посевы проводили во флаконы, наполненные средой до верху. О восстановлении железа судили по появлению синего окрашивания или осадка в реакции с красной кровяной солью [6]. Накопительные культуры железо-восстанавливающих бактерий получали пересевом из последних разведений, где обнаруживали ионы Fe^{2+} , в среду аналогичного состава и содержащую один из доноров электронов. Культуры инкубировали в течение 1 месяца, после чего определяли количество восстановленного железа роданидным методом [4].

Проведенные исследования выявили высокую численность железо-редукторов в донных осадках исследуемых озер (табл. 1). Наибольшая численность отмечена в осадках озера Хилганта, наименьшая – в пробах озер Нухэ-Нур и Белое.

Таблица 1

Численность железо-восстанавливающих бактерий в донных осадках содово-соленых озер Забайкалья

Озеро	Нухэ-Нур	Белое	Хилганта	Соленое	Горбунка
численность, тыс. кл/мл	100	100	10000	1000	1000

Количество восстановленного железа в накопительных культурах варьировало в пределах 15 – 89 % (табл. 2). Высокая интенсивность восстановления железа с использованием всех предложенных доноров электронов обнаружена в накопительной культуре оз. Хилганта.

Таблица 2

Количество восстановленного железа в накопительных культурах (% от общего содержания железа)

Место отбора проб	Субстрат			
	сахароза	Лактат	пептон	ацетат
Соленое				
Хилганта	75	55	83	58
Белое	89	15	83	63
Нухэ-Нур	–	28	76	–
Горбунка	52	27	73	72
Среднее значение	70.5	31.4	80.8	64.75

Примечание «–» – не определено

Более интенсивное восстановление железа микроорганизмами наблюдалось при использовании сахарозы или пептона в качестве доноров электронов, по сравнению с другими донорами. Однако следует учитывать, что в случае сбраживаемых субстратов Fe^{3+} может использоваться только как акцептор электронов для удаления избытка восстановителей, образующихся при брожении. Выяснение этого вопроса требует дальнейших исследований с чистыми культурами микроорганизмов. Проведенные в настоящее время микроскопические исследования накопительных культур выявили различные морфотипы бактерий. Часто клетки оказываются агрегированными с осадком железа. В накопительных культурах озер Соленое, Горбунка и Хилганта в большом количестве присутствуют клетки спорных бактерий. Кроме того, во всех накопительных культурах встречаются мелкие подвижные и неподвижные прямые и изогнутые одиночные палочки и их цепочки. Округлые клетки отмечены только для оз. Соленое, с использованием сахарозы в качестве донора электронов.

Таким образом, полученные результаты показывают, что в щелочных условиях окружающей среды может происходить процесс микробного восстановления железа.

Литература

1. Горленко В.М., Намсараев Б.Б., Кулырова А.В., Заварзина Д.Г., Жилина Т.Н. Активность сульфатредуцирующих бактерий в донных осадках содовых озер Юго-восточного Забайкалья // Микробиология. – 1999. – Т. 69. – № 5. – С. 664 – 670.
2. Zavarzina D.G., Tourova T.P., Kuznetsov B. B., Bonch-Osmolovskaya and Slobodkin A. I. Thermovenabulum ferriorganovorum gen. nov., sp. nov., a novel thermophilic, anaerobic, endospore-forming bacterium // International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology. – 2002. – V. 52. – P. 1737 – 1743.

- Lovley, D.R., Coates, J.C. Saffarini, D., Lonegran, D.J. (1997) Diversity of dissimilatory Fe(III)-reducing bacteria. In Transition Metals in Microbial Metabolism. Edited by G. Winkelmann and Caranno C.J. Lausanne, Switzerland: Harwood Academic.
- Резников А.А., Муликовская Е.П., Соколов И.Ю. Методы анализа природных вод. – М.: Недра, 1970. – 400 с.
- Finneran K.T., Forbush H.M., Lovley, D.R. Desulfitobacterium metallireducens sp. Nov., an anaerobic bacterium that couples growth to the reduction of metals and humic acids as well as chlorinated compounds // International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology. – 2002. – V. 52. – P. 1929 – 1935.
- Шапиро С.А., Шапиро М.А. Аналитическая химия. – М.: Высшая школа, 1971. – 320 с.

САПРОФИТЫ И ОРГАНИЧЕСКОЕ ВЕЩЕСТВО В ПРИРОДНЫХ ВОДАХ ГОРОДСКОЙ АГЛОМЕРАЦИИ

И.С. Иванова

Научный руководитель доцент Н.Г. Наливайко
Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

Сапрофитами называются микроорганизмы, питающиеся органическими веществами отмерших организмов или выделениями живых. По типу питания сапрофиты относятся к гетеротрофным организмам. Они усваивают белки и продукты их распада [3].

Сапрофитная микрофлора в водоемах и почве является наиболее активным участником процессов разложения органических веществ, деструкции и трансформации токсических веществ, уничтожении патогенной микрофлоры. Количество сапрофитов считается надежным и экспрессным показателем качественной направленности многих экологических процессов. Этот показатель считается незаменимым при оценке процессов самоочищения в водах, почвах, донных отложениях, процессов биологической очистки в различных сооружениях для обеззараживания сточных вод и, особенно, в условиях химического загрязнения объектов окружающей среды. Изучение динамики сапрофитных микроорганизмов вошло в схему разработки предельно-допустимых концентраций (ПДК) вредных веществ в воде и почве. Известно также, что число сапрофитных микроорганизмов коррелирует с количеством легкоусвояемых веществ в такой «голодной» среде, как вода.

Количество сапрофитов в воде обычно определяют в соответствии с классическими методиками путем посева аликвоты на твердую, агаризованную мясопептонную среду и подсчетом выросших колоний после определенного срока инкубации, считая, что одна клетка микроорганизма дает одну колонию. Для установления количественного содержания органического вещества определяют такие показатели, как перманганатная окисляемость (ПО мгО₂/л), бихроматная окисляемость (ХПКмгО₂/л), общее содержание органического углерода (Сорг., мг/л), биологическое потребление кислорода (БПКмгО₂/л). По величине этих показателей, также как и по количеству сапрофитов может быть дана оценка экологического состояния изучаемого источника воды [1, 3]. В то же время нет достаточно четких исследований, какие именно показатели содержания органического вещества коррелируют с количеством сапрофитов в воде.

Целью данной работы было изучение количественного содержания сапрофитных микроорганизмов и органического вещества (по величине ПО) в природных водах города Томска для выявления корреляции между этими показателями и возможности их использования для оценки экологического состояния. Для этого был изучен имеющийся обширный материал по химическому и микробиологическому составу природных вод г. Томска, отобраны пробы родников и поверхностных водотоков, выполнен микробиологический и химический анализы.

Сапрофиты выявляли и количественно учитывали на твердой среде МПА. Инкубацию посевов вели при комнатной температуре в течение 7 дней, после чего визуально подсчитывали выросшие колонии. Величину ПО определяли по методике Кубеля. Результаты определения представлены в табл. 1.

Количество сапрофитов в водах города меняется в широких пределах: от единиц клеток до десятков тысяч. Более высоким содержанием сапрофитов отличаются открытые водоемы. В среднем количество сапрофитов в изученных озерах составляет первые единицы сотен клеток на 1 мл воды. Количественное содержание сапрофитов в определяющей степени зависит от качества берегового стока, качество которого, в свою очередь, определяется экологической ситуацией окружающей территории. Так, оз. Осаваш, расположенное в селитебном районе, характеризуется максимально высокой численностью сапрофитов в сравнении с озером Ботаническим, которое расположено в парковой зоне. Изучение численности микрофлоры озер по сезонам года выявило наличие двух резких спадов (зимой в феврале и летом, в июле) и двух подъемов (весной в мае и осенью в конце сентября).

Родники характеризуются более низкой по сравнению с открытыми водоемами численностью сапрофитов. Исследования показали, что количество сапрофитов в родниках определяется следующими факторами: 1) характером и степенью антропогенной нагрузки окружающей родник территории; 2) наличием и характером каптажного устройства; 3) сезоном года (табл. 1). Максимальное количество сапрофитов содержалось в воде родника на улице Сычева 40. На окружающей родник территории расположены дома частного сектора, садовые и огородные участки, а в предполагаемой области питания проходит железная дорога и находится древесно-строительный комбинат (ДСК). Очень низким количеством сапрофитов характеризуется родник на улице Весенней и родник Академический. Родник Академический расположен в лесном массиве, удален от антропогенного влияния и снабжен каптажным устройством в виде металлической трубы. Родник на улице Весенней расположен на окраине пос. Степановка, оборудован каптажным устройством с закрытым павильоном. Родники, которые расположены в селитебном секторе (родник в пер. А. Иванова, пер. Тихий, и в Михайловской роще) отличаются более высоким содержанием сапрофитов, так как каптажные устройства этих родников открытые и старые. Сезонная динамика количественного содержания сапрофитов проявляется в максимально высоком увеличении количества сапрофитов в мае-начале июня - время весеннего половодья, и резком снижении их количества в зимнюю и летнюю межень. Поверхностные водотоки по количеству сапрофитов занимают промежуточное положение.

Таблица 1

Сапрофиты и перманганатная окисляемость природных вод г. Томска

Название и характер	Количество	Количество психрофильных	Перманганатная
---------------------	------------	--------------------------	----------------

водоисточника	наблюдений	сапрофитов, кл/мл	окисляемость, мг О ₂ /л
Родник, Академгородок	4	110	1,4
Родник, ул. Весенняя	3	30	1,2
Родник, ул. М. Сычова	4	23200	3,9
Родник, ул. 19 Гв. Дивизии	4	350	3,6
Родник, проходная ГРЭС-2	4	200	1,4
Родник, ул. Тимакова	3	820	2,1
Родник, ул. А. Иванова, № 1	5	800	4,2
Родник, пер. Вузовский	2	1340	3,6
Родник, Ботанический сад	5	550	1,9
Родник, пер. Тихий	5	260	1,2
Родник, ул. Чехова	4	1200	2,5
Родник, пер. Зырянский	2	160	2,1
Родник, пер Анжерский	2	120	1,8
Родник № 4 в Мих. роще	4	480	3,7
Родник № 1, 1 в Мих. роще	4	620	1,9
Родник № 1,2 в Мих. роще	4	980	2,4
Ручей, ул. Жуковского	4	23000	3,1
Озеро, ул. М. Сычова, 5	2	1400	4,4
Озеро Осаващ, зап. часть	2	4850	8,4
Озеро Осаващ, вост. часть	2	500	5,8
Озеро, Ботанический сад	4	340	1,6

Величина ПО также меняется в широких пределах. Особенно высокие значения ее характерны для поверхностных водоемов и р. Ушайки. Динамика этого показателя в целом имеет схожую с распределением сапрофитов тенденцию. Наиболее высокая ПО характерна для озер и поверхностных водотоков, наименьшая – для родников. На величину ПО влияют сезонные факторы, характер водотока, характер каптажного устройства и экологическое состояние окружающей водоисточник территории.

Для оценки экологического состояния природных вод по количеству сапрофитов использовали нормативы, применяемые в санитарно-гигиенической практике для оценки водоемов (табл. 2). При оценке экологического состояния вод родников по величине перманганатной окисляемости использовали ПДК для питьевых вод, а для водотоков и озер – ПДК для рыбохозяйственных целей.

Таблица 2

Зависимость между качеством воды и количеством в ней аэробных сапрофитных микроорганизмов [3]

Количество колоний, выросших при посеве на питательный агар 1 мл воды	Оценка водоема
10	Очень чистые
10-100	Чистые
100-1000	Умеренно-загрязненные
1000-10 00	Загрязнены
10 00-100 00	Грязные
>100 000	Очень грязные

По количеству сапрофитов вода большинства родников является умеренно загрязненной. Воду таких родников рекомендуется пить только после длительного кипячения. Экологически чистой по количеству сапрофитов является вода родника Академический и родника на ул. Весенней. Вода озер и водотоков по количеству сапрофитов оценивается как грязная и очень грязная.

Оценка экологического состояния родников по величине ПО показала, что этот показатель только в единичных случаях превышает ПДК – 5 мгО₂/л. На этом основании вода большинства родников пригодна для питья без кипячения, а большинство озер отвечает требованиям вод для рыбопроизводства. Проведенный корреляционный анализ выявил положительную, но невысокую степень корреляции этих показателей, хотя и значимую для биологических объектов – $r = 0,4$. Полученный коэффициент корреляции для рассмотренных источников является умеренным (средним) и является характерным для сравнительно чистых природных вод [3].

Таким образом, четкая зависимость между количеством сапрофитов и величиной ПО не наблюдается. Для оценки экологического состояния водных объектов применимы оба показателя, но по количеству сапрофитов она является более строгой и дифференцированной.

Литература

1. Корш Л.Е., Артемова Т.З. Ускоренные методы санитарно-бактериологического исследования воды. – М.: Медицина, 1978. – 272 с.
2. Романенко В.И. Микробиологические показатели качества воды // Водные ресурсы. 1979. – № 6. – С. 138 – 153.
3. Экология микроорганизмов // Под ред. А.И. Нетрусова. – М.: АCADEMA, 2004. – 267 с.

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ И УСЛОВИЯ НАКОПЛЕНИЯ РТУТИ В ДОННЫХ ОСАДКАХ ЧУКОТСКОГО МОРЯ

М.В. Иванов

Научный руководитель профессор А.С. Астахов
Тихоокеанский океанологический институт им. В.И. Ильичева, г. Владивосток, Россия

Среди загрязняющих окружающую среду веществ, наиболее негативно влияющих на экосистемы и человека, ртуть занимает одно из первых мест. Она обладает высокой подвижностью, способностью накапливаться в трофических цепочках водных и континентальных биоценозов и признана одним из наиболее опасных глобальных загрязнителей окружающей среды. Ртуть попадает в организм через дыхание, с водой и продуктами питания, содержащими ртуть (в первую очередь – рыбой и другими морепродуктами). Природные геохимические циклы ртути определяются преобладающим поступлением ее паров из земной коры по активным разломам в составе газовых флюидов лавовых вулканов, грязевых вулканов, метановых источников различного генезиса. Благодаря высокой миграционной способности ртуть является наиболее удобным объектом для оценки степени антропогенного загрязнения и его мониторинга по осадкам, воде и воздуху. В отличие от других тяжелых металлов при антропогенном загрязнении ртуть накапливается во всех компонентах морских экосистем.

В работе использованы пробы и колонки донных осадков, отобранные гидростатической трубкой ГСП-2 и дночерпателем «Океан» в 52 рейсе НИС «Профессор Хромов» в 2004 г. Изучались также пробы, отобранные дночерпателем в 46 рейсе НИС «Профессор Хромов» в 2002 г. Описание и опробование осадков выполнялись по стандартным методикам. Пробы для анализа на ртуть отбирались в полиэтиленовые пакеты, герметически упаковывались и хранились до анализа во влажном состоянии при температуре 2 – 3 °С. Для анализа пробы высушивались при комнатной температуре до воздушно сухого состояния и растирались в агатовой ступке.

Содержания ртути определялись атомно-абсорбционным методом на анализаторе ртути РА-915+ (рис.1) с пиролитической приставкой РП-91С (производитель ООО Люмэкс, Санкт-Петербург) [3]. Анализ выполнялся без предварительной пробоподготовки по стандартной методике. Для управления, визуализации процесса анализа и оперативной обработки результатов прибор совмещался с компьютером. Для контроля анализа использовались стандартные образцы ГСО 7263–96 и ГСО 7183–95.



Рис. 1. Ртутный анализатор РА-915+ с пиролитической приставкой РП-91С

При анализе распределения ртути в колонках донных осадков установлена очень небольшая изменчивость содержаний по вертикали, что связано с однородным литологическим составом и отсутствием антропогенного загрязнения. При анализе распределения ртути в поверхностных осадках Чукотского моря (рис. 2) можно выделить несколько участков с повышенным содержанием. Это, прежде всего, район каньона Геральд и юго-западная часть моря, примыкающая к мысу Хоуп. При сопоставлении полученной карты и известных карт распределения типов донных осадков, их гранулометрического состава, распределения в них органического вещества, биогенного кремнезема, углеводородных газов [1, 2] можно отметить отсутствие видимой корреляции с каким-либо из указанных параметров.

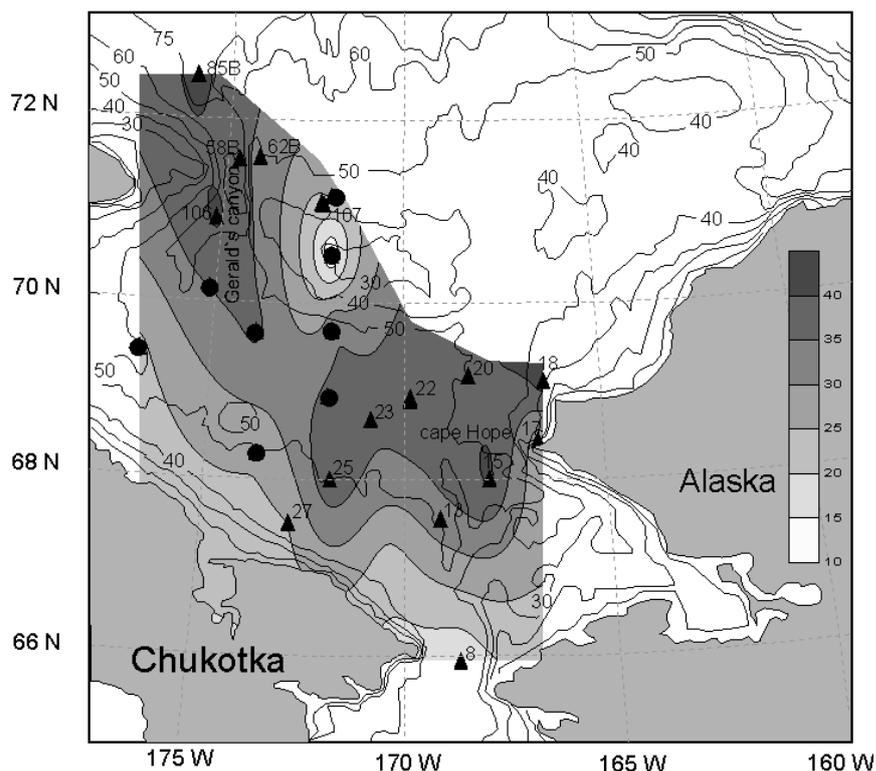


Рис. 2. Содержание ртути (нг/г) в поверхностных осадках Чукотского моря. Треугольники – станции 52 рейса НИС «Профессор Хромов», Кружки – станции 46 рейса НИС «Профессор Хромов».

Если в районе каньона Геральд и южнее отмечается некоторое совпадение с содержанием пелитовых фракций и аморфного кремнезема, то в районе м. Хоуп оно нарушается. В то же время Ю.А. Павлидис с соавторами установили, что в район мыса Хоуп осуществляется вынос биогенной и терригенной взвеси из Берингова моря через Берингов пролив, главным образом от устья реки Юкон [2]. Кроме того, здесь отсутствует реликтовая криолитозона (вскрытая мощность голоценовых и позднеплейстоценовых отложений достигает 7 м). Поступление относительно теплых вод через Берингов пролив препятствует переохлаждению современных осадков. Указанное свидетельствует о возможности различных причин формирования здесь повышенных содержаний ртути в осадках.

Район каньона Геральд характеризуется наибольшей глубиной моря до 103 м, что предполагает малую вероятность нахождения здесь многолетнемерзлых пород. Здесь распространены преимущественно заиленные песчаные осадки с несколько повышенным содержанием биогенного кремнезема при низком содержании органического вещества. В осевой части каньона выявлены участки дна покрытые железомарганцевыми конкрециями. Каньон приурочен к предположительно тектонически активной рифтогенной структуре Чукотского грабена [1]. Это может свидетельствовать о наличии здесь природных источников ртути. Максимальные ее содержания отмечены в самой северной точке изученной части каньона, на границе с нефтегазоносным Северо-Чукотским прогибом.

Минимальные содержания ртути отмечены в поверхностных осадках банки Геральд. Несколько попыток отобрать здесь колонки донных осадков трубкой оказались неудачными, так как почти на поверхность дна выходят мерзлые породы. На станции 107 на глубине 15 см от поверхности дна температура осадка оказалась 2,8 °С.

Таким образом, можно отметить несколько основных факторов, определяющих распределение ртути в донных осадках Чукотского моря:

- состав донных осадков (обогащение биогенным кремнеземом и пелитовыми фракциями приводит к увеличению содержаний);
- поступление тихоокеанских вод и взвеси через Берингов пролив;
- природная эмиссия ртути из земной коры в районах активных разломов и из нефтегазоносных бассейнов;
- наличие подводной криолитозоны, которая может препятствовать природной эмиссии ртути.

Антропогенное загрязнение осадков нами не отмечено, но нельзя исключать, что какая-то часть ртути, поступающая с тихоокеанскими водами и взвесью через Берингов пролив и накапливающаяся в осадках южной части моря, может иметь антропогенное происхождение.

Работа выполнена по российско-американской программе RUSALCA и при финансовой поддержке РФФИ (грант 05-05-65217-а).

Литература

1. Геология и полезные ископаемые шельфов России (атлас) // Под ред. М.Н.Алексеев. – М.: ГЕОС, 2002. – 243 с.
2. Павлидис Ю.А., Ионин Ф.С., Щербаков Ф.А. и др. Арктический шельф. Позднечетвертичная история как основа прогноза развития. – М.: ГЕОС, 1998. – 187 с.
3. Sholupov S., Pogarev S., Ryzhov V., et al. Zeeman atomic absorption spectrometer RA - 915+ for direct determination of mercury in air and complex matrix samples // Fuel Processing Technology 85. – 2004. – С.473 – 485.

ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ТИПЫ ВОД СЕВЕРНОЙ ЧАСТИ КОЛЫВАНЬ-ТОМСКОЙ СКЛАДЧАТОЙ ЗОНЫ

Ю.В. Колубаева

Научные руководители профессор С.Л. Шварцев, доцент Ю.Г. Копылова
Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

Актуальность исследований связана с вопросами изучения формирования химического состава природных вод и обоснованием их геохимических типов. Фундаментальные достижения гидрогеохимии и термодинамики последних лет позволяют проследить формирование геохимических типов вод с позиций стадийности взаимодействия воды с горной породой. В последнее время внимание исследователей все больше привлекает проблема взаимодействия воды с горными породами. В настоящее время теория взаимодействия воды с горными породами относительно детально разработана с общегеохимических позиций, экспериментального моделирования, физико-химического моделирования процессов выветривания и т.д.

Основной целью данной работы является изучение геохимии природных вод в условиях гумидного климата на примере северной части Колывань-Томской складчатой зоны (территория Томь-Яйского междуречья) в связи с выявлением механизмов формирования геохимических типов вод.

В монографии С.Л. Шварцева подробно рассмотрена геохимия вод провинции умеренного влажного климата и обобщены данные по равновесию состава подземных вод умеренной зоны с алюмосиликатами [4].

Данные по химическому составу природных вод исследуемого района, полученные сотрудниками проблемной научно-исследовательской гидрогеохимической лабораторией ТПУ в составе поискового отряда Геоцентра ИГНД ТПУ в 1998 – 2000 гг., а также данные 1992 – 1993 гг., позволяют наиболее полно проследить характер взаимодействий в системе вода – порода и объяснить условия формирования различных геохимических типов вод этой территории.

Исследуемый регион принадлежит складчатому обрамлению Западно-Сибирской плиты. Особенностью геологического строения Колывань-Томской складчатой зоны является наличие двух структурных этажей: нижнего, сложенного палеозойскими образованиями, представленными осадочными, вулканогенными и метаморфическими породами, и верхнего, сложенного рыхлыми, преимущественно песчано-глинистыми, осадками мезо-кайнозойского возраста.

Двухэтажное строение изучаемого района определяет различие в условиях залегания и характере движения подземных вод. Воды верхнего структурного этажа относятся к порово-пластовому типу, а нижнего – к трещинному, имеющему в верхней части коренных пород мощную зону трещиноватости.

При интерпретации и обобщении данных были привлечены химические анализы более чем 1000 точек опробования: источники, колодцы, скважины, реки (Киргизка, Каменка, Ушайка, Басандайка, Тугояковка, Ташма, Щербак, Омутная и их притоки).

Анализ полученных данных (табл. 1) показал, что воды рассматриваемой территории по величине общей минерализации являются собственно пресными со средней минерализацией 525,2 мг/л, слабощелочными при средней величине рН – 7,6. На территории Томь-Яйского междуречья распространены воды преимущественно гидрокарбонатные кальциевые (79 %), в небольшом количестве (14,5 %) представлены гидрокарбонатные магниевые-кальциевые воды. Средние содержания химических элементов [3] в природных водах Томь-Яйского междуречья не превышают предельно допустимые концентрации для питьевых вод; исключение составляет железо, высокие содержания которого характерны для данной территории.

Сравнение средних значений концентрации элементов в водах района исследований с таковыми в водах зоны гипергенеза (табл. 1) умеренного влажного климата по С.Л. Шварцеву (1998) показывает, что в водах района отмечаются превышения по Са, НСО₃, NH₄, NO₃, Ва, Sr, Cd. Концентрации остальных элементов, как видно из таблицы, вполне согласуются со средними значениями для вод зоны гипергенеза [4].

Для объяснения условий формирования химического состава вод была исследована степень насыщенности их относительно породообразующих минералов, для чего использовался графический способ с нанесением результатов анализа химического состава вод, контролирующих то или иное минеральное равновесие, на диаграммы полей устойчивости конкретных минералов.

Принимая во внимание, что на исследуемой территории наиболее широко распространены алюмосиликатные породы, играющие основную роль в обогащении вод химическими элементами, исследована степень насыщенности вод относительно их, а также относительно карбоната кальция.

Характеристика состава вод исследуемой территории

Компоненты	Среднее	ПДК	Подземные воды зоны гипергенеза (по С.Л.Шварцеву, 1998)	Элемент	Среднее	ПДК	Подземные воды зоны гипергенеза (по С.Л.Шварцеву, 1998)
pH	7,6	6-9	6,82	Na ⁺ , мг/л	17,3	200	23,8
Сумма, мг/л	525,2	1000	354	K ⁺ , мг/л	4,04		2,74
Жесткость, мг-экв/л	5,73	7		Fe ^{об} , мг/л	0,85	0,3	0,69
NH ₄ ⁺ , мг/л	2,39	2,5	0,52	Si, мг/л	4,9	10	
F ₂ , мг/л	0,23	1,5	0,26	Al, мг/л	0,18	0,5	0,165
NO ₂ ⁻ , мг/л	0,17	3,5	0,10	Ba, мкг/л	45,14	100	25,3
NO ₃ ⁻ , мг/л	8,4	45	2,13	Sr, мкг/л	337,5	7000	185
HCO ₃ ⁻ , мг/л	362,6	1000	222	Li, мкг/л	15,07	30	10
SO ₄ ²⁻ , мг/л	6,76	250	18,2	Cu, мкг/л	1,4	1000	4,85
Cl ₂ , мг/л	15,83	350	15,9	Zn, мкг/л	28,37	1000	42,8
Ca ²⁺ , мг/л	89,98	200	38,3	Cd, мкг/л	0,43	1	0,15
Mg ²⁺ , мг/л	14,96	150	16,5	Pb, мкг/л	1,55	30	3,10

Система «вода – алюмосиликатные минералы» является многокомпонентной, насыщенность которой отдельными элементами может быть понята только в совокупности. Не вдаваясь в детали механизмов инкогруэнтного растворения алюмосиликатов, следует отметить, что такое растворение при всей его сложности обязано главным образом явлениям гидролиза. Гидролиз алюмосиликатов протекает путем полного перевода в раствор химических элементов с последующим их осаждением в виде вторичных минеральных фаз, растворимость которых ниже исходных. Это крайне важное обстоятельство определяет постоянную ненасыщенность вод относительно исходных минералов, которые поэтому могут растворяться в течение всего времени их взаимодействия с подземными водами.

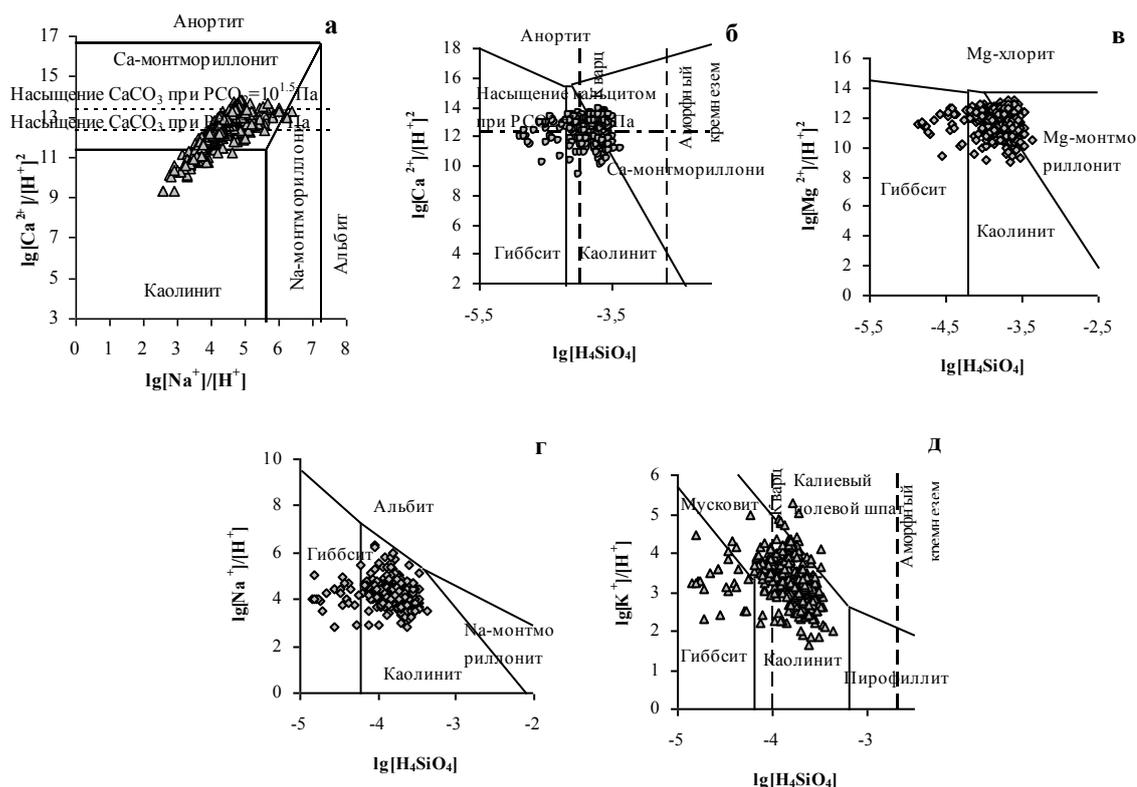


Рис. 1. Диаграммы равновесия в системе вода – алюмосиликаты при стандартных условиях с нанесением данных по составу вод Томь-Яйского междуречья: а – система HCl-H₂O-Al₂O₃-CaO-Na₂O-CO₂-SiO₂; б – система HCl-H₂O-Al₂O₃-CO₂-CaO-SiO₂; в – система HCl-H₂O-Al₂O₃-CO₂-MgO-SiO₂; г – система HCl-H₂O-Al₂O₃-CO₂-Na₂O-SiO₂; д – система HCl-H₂O-Al₂O₃-CO₂-K₂O-SiO₂

Равновесие природных вод Томь-Яйского междуречья [1, 2] с минералами алюмосиликатных пород показано на рис. 1. Нетрудно увидеть, что все без исключения точки состава вод располагаются в полях устойчивости различных глинистых минералов: гиббсита, каолинита, Са-монтмориллонита и Mg-монтмориллонита, то есть все воды находятся в равновесии с глинами, но не равновесны с альбитом и анортитом. На определенной стадии взаимодействия этой системы

достигается насыщенность вод по отношению к карбонату кальция (рис. 1 а). Это способствует формированию щелочного карбонатно-кальциевого (содового) геохимического типа вод по С.Л. Шварцеву.

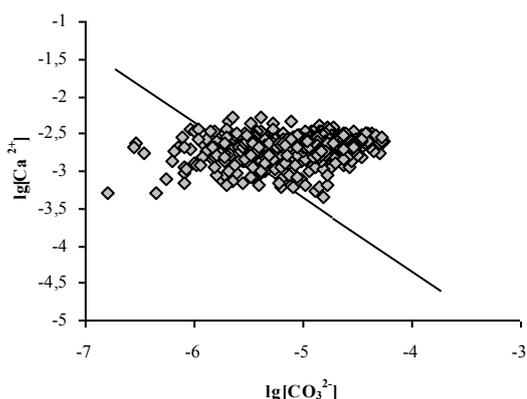


Рис. 2. Равновесие вод Томь-Яйского междуречья относительно кальцита при температуре 25 °С

Таким образом, природные воды Томь-Яйского междуречья не равновесны с первичными алюмосиликатами, которые служат источником химических элементов и, в частности, кальция на всех этапах взаимодействия воды с горной породой.

Процессы обогащения вод кальцием [1, 2] за счет растворения карбонатов можно представить на диаграмме равновесия вод с кальцитом (рис. 2). Выполненные расчеты показали, что на диаграммах насыщения вод относительно карбоната кальция при температуре 25 °С точки состава вод располагаются кучно, в основном, над линией насыщения, что свидетельствует о достижении в водах пересыщения относительно карбоната кальция и о возможности его осаждения из вод. Часть вод недонасыщена относительно карбонатов кальция и способна выщелачивать его из водовмещающих пород. Недонасыщенность вод относительно кальцита объясняется, вероятно, недостаточным временем взаимодействия воды с горной породой.

Среди выделенных геохимических типов вод (табл. 2) для Томь-Яйского междуречья преобладающим является щелочной карбонатно-кальциевый (содовый) тип вод.

Таблица 2

Геохимические типы вод Томь-Яйского междуречья

№	Тип вод	Критерий отнесения к данному типу	Характеристика вод
1	Кислый железисто-алюминиевый	К данному типу отнесены воды района, находящиеся в равновесии с гиббситом	Слабощелочные, умеренно пресные
2	Алюминиево-кремнистый	К данному типу отнесены воды района, находящиеся в равновесии с каолинитом	Слабощелочные, собственно пресные
3	Кремнисто-кальциево-магниевый	К данному типу отнесены воды района, находящиеся в равновесии с минералами группы монтмориллонитов	Слабощелочные, собственно пресные
4	Щелочной карбонатно-кальциевый (содовый)	К данному типу отнесены воды района, находящиеся в равновесии с кальцитом	Слабощелочные, собственно пресные

Литература

1. Колубаева Ю.В. Геохимические типы вод центральной части Томь-Яйского междуречья // Проблемы геологии и освоения недр: Труды Девятого Международного научного симпозиума им. академика М. А. Усова студентов, аспирантов и молодых ученых. – Томск: Изд-во ТПУ, 2005. – С. 233 – 236.
2. Лепокурова О.Е. Геохимия подземных вод севера Алтае-Саянского горного обрамления, формирующих травертины: автореферат. Дис. канд. геол.-минер. наук. – Томск, 2005. – 22 с.
3. СанПиН 2.1.4.559-96. Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества. – М.: Госкомсанэпиднадзор России, 2002. – 111 с.
4. Шварцев С.Л. Гидрогеохимия зоны гипергенеза. – М.: Недра, 1998. – 366 с.

ХАРАКТЕРИСТИКА ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА ВОДЫ ОЗЕР БАРНАУЛЬСКОЙ ЛОЖБИНЫ СТОКА АЛТАЙСКОГО КРАЯ

Е.А. Крахмалева

Научный руководитель доцент Н.А. Ермашова
Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

Озера в балансе пресных вод России занимают первое место. Особенно важна их роль в полуаридных и аридных районах. Озера степной части Алтайского края играли исключительную роль при освоении прилегающих земель переселенцами из России. По берегам озер возникали населенные пункты, которые и в настоящее время используют их водные ресурсы.

Степной Алтай богат озерами, причем не только такими широко известными, как Кулундинское, Большое Яровое, но и множеством более мелких. Небольшие озера, как правило, расположены цепочкой в древних ложбинах стока Приобского плато. Наиболее крупные из них – Касмалинская и Барнаульская

В настоящей статье излагаются результаты исследований озер, расположенных в Барнаульской ложбине стока. Они тяготеют к средней части ложбины. В ее верхней части постоянный водоток отсутствует. Речка Барнаулка, впадающая в р. Обь в районе г. Барнаула, берет начало в средней части ложбины. Обследование озер и отбор проб выполнены в июле 2005 г., аналитические исследования в центре «Вода» ИГНД ТПУ.

Всего обследовано 7 озер. Кроме них, по родникам исследовались подземные воды верхнесреднетчетвертичных отложений касмалинской свиты, слагающей обе ложбины стока.

Особенность этих озер состоит в степени их проточности. В юго-западной части их озера, как правило, не проточные, ближе к Оби в этой озерной цепочке появляется связь, они становятся проточными. Очевидно, что на климатическую зональность накладывается степень проточности озер и вместе они играют основную роль в формировании состава озерных вод. Разная степень участия того или иного фактора определила довольно разнообразный состав вод.

В Барнаульской ложбине стока расположены и обследованы в направлении с юго-запада на северо-восток озера: Горькое, Крестьянское, Шурокша, Зеркальное, Бахматовское, Песочное, Прохоровское, вытянутые в цепочку длиной около 90 км.

Поиски материалов об этих озерах, а тем более о составе и качестве их вод, ни в Интернете, ни в библиотеках ТПУ и ТГУ не дали никаких результатов. Это не позволяет выполнить ретроспективный анализ озерных вод, то есть оценить изменения в их составе и в экологическом состоянии самих озер.

Оз. Горькое – самое крупное в этой системе озер, площадь его зеркала – 68 кв. км, длина – около 30 км, ширина – около 6 км, все остальные озера значительно меньше по размерам.

Минерализация и состав озерных вод изменяются весьма значительно. Непроточное оз. Горькое имеет минерализацию 17,8 г/л и хлоридно-натриевый состав, а в последнем, самом нижнем по течению Прохоровском озере она равна 0,54 г/л при гидрокарбонатно-сульфатном натриево-магниевом составе ($\text{HCO}_3 > \text{SO}_4$ и $\text{Na} > \text{Mg}$). В пресных озерах минерализация воды колеблется в очень узких пределах – от 0,54 г/л до 0,78 г/л. Выделяется из этого ряда лишь оз. Зеркальное с минерализацией 1,27 г/л.

Повсеместно пресные воды гидрокарбонатные, лишь в оз. Прохоровском гидрокарбонатно-сульфатные, в озере Шурокша – гидрокарбонатно-хлоридные. В катионном отношении в озере Бахматовском воды магниевые, во всех остальных – натриево-магниевые с относительным содержанием магния от 27 до 67 экв-%, а натрия – от 43 до 91 экв-%. Содержание кальция колеблется в интервале от 8 до 23 экв-% и не является определяющим в составе вод.

Подземные воды, опробованные по родникам в районе озер Бахматовское и Прохоровское, имеют минерализацию 0,29 – 0,6 г/л при гидрокарбонатном кальциево-натриевом составе. Это воды самого верхнего горизонта отложений касмалинской свиты, в которые врезаны озерные котловины. Тем не менее, эти подземные воды не играют существенной роли в формировании ресурсов и состава озерных вод.

Существенную роль в составе озерных вод играют хлориды – на их долю приходится от 8 до 34 экв-% при абсолютном содержании от 21,3 мг/л до 136,7 мг/л. Сульфаты отсутствуют только в озерах Песчаном и Бахматовском. В остальных озерах их относительное содержание изменяется от 1 экв-% в озерах Крестьянское и Шурокша до 40 экв-% в Прохоровском. Абсолютные концентрации варьируют в пределах 5 – 142 мг/л. В воде озера Горькое содержание сульфатов составляет 782 мг/л или 6 экв-%. В подземных водах родников сульфаты не обнаружены, что свидетельствует об отсутствии гипса и других сульфатных минералов в составе водовмещающих пород. Следовательно, и сульфаты, и хлориды могут иметь поверхностное происхождение, связанное, скорее всего, с воздействием антропогенной нагрузки близлежащих населенных пунктов.

При оценке уровня загрязнения вод хлориды могут быть свидетелем аридности климата, преобладания испарения над осадками, то есть не являться индикаторами загрязнения. Сульфаты, скорее всего, имеют антропогенное происхождение, так как разброс их концентраций весьма существен. В водах повсеместно присутствуют компоненты азотного ряда, свидетельствующие о наличии загрязнения белкового происхождения, прежде всего, за счет отходов жизнедеятельности человека и животных. В соленой воде оз. Горькое содержание нитратов максимальное – 81 мг/л, в пресных водах азотные соединения в наибольших количествах присутствуют в воде оз. Песочного, в целом эти концентрации невелики – до 6,9 мг/л нитратов и до 1,8 мг/л аммония. Фосфаты до 1 мг/л присутствуют в водах озер Песочное, Шурокша и Бахматовское. В родниках эти компоненты также обнаружены, но их концентрации зависят от местоположения родника. В роднике, находящемся в залесенном овраге вблизи д. Боровское, и аммоний, и нитриты содержатся в сотых долях мг/л, а нитраты – 0,6 мг/л. В роднике, находящемся вблизи места выгула скота на берегу оз. Прохоровского, концентрация нитратов достигает 5,4 мг/л, что выше, чем в самом озере.

Воды всех озер в высокой степени загрязнены органическими веществами углеводородного ряда. Перманганатная окисляемость лишь в родниках составляет 2,4 – 4,1 мгО/л. Максимальное ее значение – в оз. Горьком – 46,0 мгО/л, в остальных – от 8,3 до 32,2 мгО/л.

По содержанию металлов выделяются озера. Горькое и Зеркальное. Концентрация цинка в них достигает 25,3 мкг/л. Свинец содержится в количестве до 24,5 мкг/л, медь – до 11,2 мкг/л. Во всех озерных водах отмечаются высокие концентрации мышьяка до 13,7 мкг/л в оз. Зеркальном, около 8 мкг/л – в озерах Шурокша, Горькое, Бахматовское.

Оценивая гидрохимические закономерности и особенности озер, можно выделить компоненты природного и антропогенного происхождения. Основные природные закономерности состоят в следующем.

1. Состав вод изменяется с юго-запада на северо-восток от хлоридного к гидрокарбонатному. Главным формирующим фактором выступает испарительное концентрирование с выпадением в осадок карбонатов кальция и накоплением натрия и магния.

2. В катионном составе магний резко преобладает над кальцием, что является главной особенностью этих вод, не свойственной более северным районам.

3. Основным катионом выступает натрий, формируя в замкнутых озерах хлоридные натриевые воды, а в проточных – гидрокарбонатные натриево-магниевые.

Об антропогенном влиянии на состав озерных вод свидетельствуют:

– Резкие колебания концентраций сульфатов.

– Повсеместное присутствие нитратов, нитритов, фосфатов, хлоридов и органических веществ в значительных и больших количествах.

– Комплекс металлов содержится также в значительных концентрациях, особенно мышьяк.

При визуальном обследовании озер основные источники их загрязнения выявляются однозначно. Это сток с территорий населенных пунктов, выпас и водопой скота, распашка земель в береговой зоне, сброс отходов животноводства и бытового мусора в озера, находящиеся в черте населенных пунктов (д. Коробейниково), отсутствие водоохраных зон вокруг озерных акваторий.

В озера поступает большое количество минеральных и органических веществ. В результате биохимических процессов в придонной части озер сформировался органоминеральный слой ила и сапропель. Это озера Зеркальное и Бахматовское. Такие осадки обладают биологической активностью и являются местным лечебным ресурсом.

Из-за интенсивного органического и минерального питания озера быстро зарастают. Для их спасения, помимо наведения санитарного порядка и устройства водоохраных зон, необходимо усилить проточность и найти дополнительный источник водного питания. В литературе имеются сведения, что для этой цели возможно привлечение воды из р. Оби. На наш взгляд, самые главные необходимые действия – это канализование населенных пунктов с устройством очистных сооружений и запрещением сброса стоков в озера, обустройство мест выпаса скота и закусаривание периметров озер.

ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ НЕФТЕГАЗОНОСНЫХ ОТЛОЖЕНИЙ БОЛЬШЕХЕТСКОЙ МЕГАСИНЕКЛИЗЫ (РАЙОНЫ КРАЙНЕГО СЕВЕРА ЗАПАДНО-СИБИРСКОЙ ГЕОСИНЕКЛИЗЫ)

А.В. Лепокуров

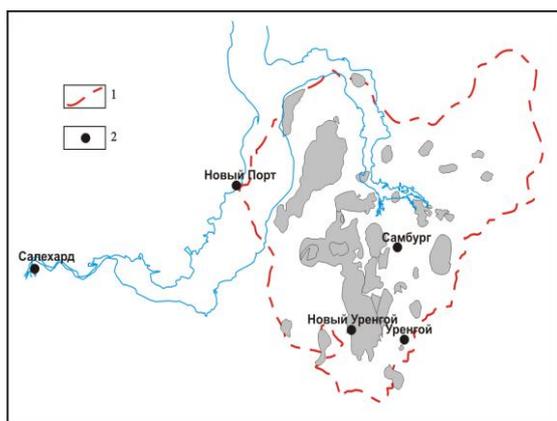
Научный руководитель профессор С.Л. Шварцев

Томский филиал Института нефтегазовой геологии и геофизики, г. Томск, Россия

В пределах северных районов Западно-Сибирского мегабассейна выявлено большое количество геологических структур с инверсионной гидрогеохимической зональностью. В связи с этим повышается интерес исследователей к природе этих процессов. Одним из первых, кто обратил внимание на сложное поведение солёности вод с глубиной в разных геологических структурах, был А.Э. Конторович со своими сотрудниками, но они затрагивали более южные территории, а северные районы остались слабо охваченными этими исследователями [2].

В административном отношении Большехетская мегасинеклиза расположена в центральной части Ямало-Ненецкого автономного округа.

Согласно принятому нефтегазогеологическому районированию она расположена в пределах двух нефтегазоносных областей – Надым-Пурской (западная ее часть) и Пур-Тазовской (восточная часть). Этаж нефтегазоносности составляет от средней юры до кровли сеномана. Преобладают ловушки антиклинального типа, часто осложнены литологическими экранами. Всего в пределах мегасинеклизы открыто 33 месторождений углеводородов (рис. 1) различных по фазовому состоянию, среди которых доминируют нефтегазоконденсатные и нефтегазовые.



**Рис. 1. Схематическая карта
Большехетской мегасинеклизы:
1 – граница мегасинеклизы;
2 – населенный пункт**

Г
еологиче
ский
разрез
Большех
етской
мегасине
клизы
представ
лен
мезозойс
ко
кайнозой
скими
платфор
менным

и песчано-глинистыми отложениями, мощностью 3,5 – 5 км.

Согласно «Тектонической карте юрского структурного яруса Западно-Сибирской нефтегазоносной провинции», составленной в ИГНГ СО РАН под руководством академика А.Э. Конторовича в 2001 г., Большехетская мегасинеклиза является отрицательной надпорядковой структурой, в пределах которой выделены две отрицательные структуры первого порядка (Нерутинская и Северо-Тазовская мегавпадины), две отрицательные структуры второго порядка (Ягенеттинская и Южно-Мессояхская мезовпадина) и три положительные структуры второго порядка (Юрхаровский, Оликуминский и Центрально-Уренгойский мезовалы).

В соответствии с принятой гидрогеологической стратификацией в разрезе нижнего гидрогеологического этажа выделяются четыре гидрогеологических комплекса: апт-альб-сеноманский, неокомский, верхнеюрский и нижнесреднеюрский.

В нефтегазоносных отложениях Большехетской мегасинеклизы развиты солоноватые и соленые воды с величиной общей минерализации до 36 г/л (пласт Ю1 – Юбилейное месторождение) хлоридно-натриевого и хлоридно-гидрокарбонатно-натриевого состава (табл.). Наиболее соленые их разности приурочены к верхнеюрским отложениям. Водорастворенные газы повсеместно имеют метановый состав с содержанием $CH_4 > 80$ об.%. Газонасыщенность вод растет с глубиной от 0,3-3,0 л/л в апт-альб-сеноманском гидрогеологическом комплексе до 0,9-5,7 л/л в нижнесреднеюрском.

Таблица

Гидрогеологическая характеристика водоносных комплексов

Показатели	Водоносные комплексы
------------	----------------------

	Апт-альб-сеноманский	Неокомский	Верхнеюрский	Нижне-среднеюрский
Мощность, м	800 – 1350	1000 – 1450	50 – 500	700 – 1600
Температура, оС	15 – 75	50 – 107	70 – 114	81 – 146
Пластовые давления, МПа	4 – 23	10 – 42	24 – 46	19 – 94
Рпл/Ргидр.	0,72 – 1,18	0,85 – 1,41	0,89 – 1,47	0,95 – 1,72
Солевой состав вод (по С.А. Щукареву)	Хлоридно-натриевый, хлоридно-гидрокарбонатно-натриевый			
Минерализация, г/л	6 – 22	2 – 17	3 – 35	2 – 15
гNa/гCl, среднее	0,99	1,06	1,05	1,15
Cl/Br, среднее	243	234	287	289
Газонасыщенность, л/л	0,3 – 3,0	0,3 – 5,4	0,5 – 3,6	0,9 – 5,7
Тип ВРГ	метановые	Метановые	метановые	Метановые
Число анализов	433	1969	322	186

Апт-альб-сеноманский гидрогеологический комплекс характеризуется величиной общей минерализации от 6 до 22 г/л. Наиболее соленые воды развиты в центральной части мегасинеклизы (Тазовское месторождение), где величина общей минерализации значительно выше 22 г/л. Далее на север происходит снижение солености вод до 15 г/л (Антипаютинское месторождение).

В пределах неокомского комплекса гидрогеологическая обстановка довольно сложная. В его пределах сосредоточены уникальные по запасам залежи углеводородов различных по фазовому состоянию, которые оказали значительное влияние на состав подземных вод при своем формировании. Это объясняет большой разброс величин общей минерализации в этих комплексах (табл.).

Верхнеюрский комплекс отличается от выше- и нижележащих комплексов высокими значениями минерализации подземных вод (до 36 г/л).

Практически на всей площади мегасинеклизы воды нижнесреднеюрских отложений характеризуются величиной общей минерализации около 10 г/л. Исключением является Уренгойское месторождение, где в пласте Ю18-19 обнаружены воды с минерализацией чуть больше 5 г/л.

Основной гидродинамической особенностью этой части Западно-Сибирского мегабассейна является широкое развитие на глубинах 2,8 – 3,8 км аномально высоких пластовых давлений как в юрских, так и в вышележащих, вплоть до неокомских, горизонтов. Особенно широко АВПД развиты в юрских водоносных комплексах [1].

Таким образом, в нефтегазоносных отложениях Большехетской мегасинеклизы развиты солоноватые и соленые воды с величиной общей минерализации до 36 г/л хлоридно-натриевого и хлоридно-гидрокарбонатно-натриевого состава (табл., рис. 2).

Так же было выявлено, что в пределах основных водоносных комплексов Большехетской мегасинеклизы развит инверсионный тип вертикальной гидрогеохимической зональности, как в южных районах, так и в северных (рис. 2).

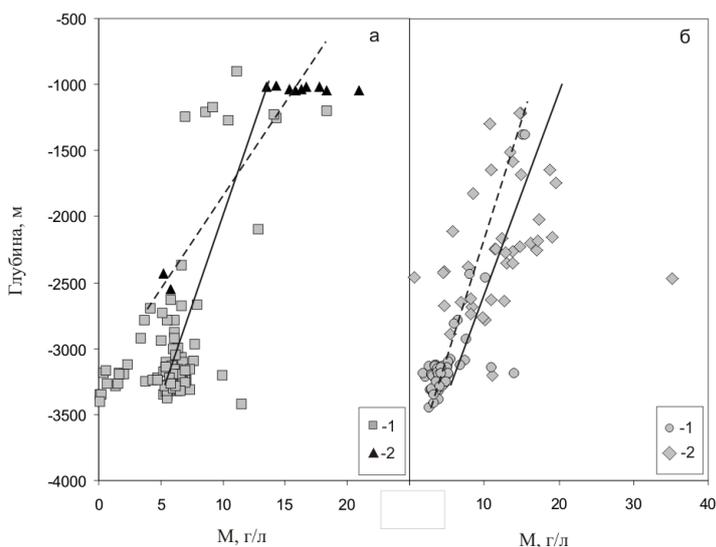


Рис. 2. Типы вертикальной гидрогеохимической зональности ряда месторождений Большехетской мегасинеклизы ее северных (а) и южных (б) районов. Месторождения в северном районе: 1 – Ямбургское; 2 – Антипаютинское, в южном: 1 – Яро-Яхинское; 2 – Юбилейное

1. Кругликов Н.М., Нелюбин В.В., Яковлев О.Н. Гидрогеология Западно-Сибирского нефтегазоносного бассейна и особенности формирования залежей углеводородов. – Л.: Недра, 1985. – 279 с.
2. Шварцев С.Л., Новиков Д.А. Природа вертикальной гидрогеохимической зональности нефтегазоносных отложений (на примере Надым-Тазовского междуречья, Западная Сибирь) // Геология и геофизика. – 2004. – Т. 45. – С. 1008 – 1021.

ГИДРОГЕОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ СОСТАВА ПОДЗЕМНЫХ ВОД БАССЕЙНА СРЕДНЕГО ТЕЧЕНИЯ РЕКИ КАТУНИ

Ю.Ю. Лоханова

Научный руководитель профессор Н.М. Рассказов

Томский филиал Института геологии нефти и газа СО РАН, г. Томск, Россия

Изучение подземных вод актуально в связи с необходимостью решения фундаментальной гидрогеохимической проблемы взаимодействия воды с горными породами и разработкой гидрогеохимического метода поисков полезных ископаемых [5, 4]. Цель исследований – выявить гидрогеохимические особенности подземных вод бассейна среднего течения р. Катунь.

Развитие гидрогеохимических процессов определяется общими гидрогеологическими условиями региона и взаимодействиями в системе вода – порода. В геологоструктурном отношении данный регион – это замкнутая в герцинскую фазу тектогенеза геосинклинальная структура, входящая в сооружение Горного Алтая [1], сложенная дислоцированными осадочными, вулканогенными и магматогенными образованиями. Их возраст изменяется от верхнего рифея до среднего девона; в долинах рек четвертичный. В морфоструктурном плане район представляет собой молодую резко расчлененную и хорошо обнаженную горно-складчатую область с относительными превышениями отметок от 500 – 1000 до 2000 м, с практическим отсутствием рыхлого покрова, со сложным отражением в рельефе древних структурно – фациальных зон. По литологическому составу породы вулканогенно-осадочные, карбонатные, а так же галечно-песчаные и глинисто-суглинистые.

Для детального изучения особенностей изменений состава воды в рассматриваемом районе были использованы данные гидрогеохимических опробований, проводимых сотрудниками ОИГиМ (1983 – 1996 гг.), а затем полевого отряда ТФ ИГНГ за 1997 – 2004 гг., в работе которого автор принимала участие в 2005г. В течение этого времени было опробовано 25 водопунктов (12 скважин и 13 родников) (табл.). Пробоотбор проводился сначала 3 – 4 раза в год весной и осенью, а затем (с 1993 г.) – один раз в год. Температура воды в родниках изменяется от 4 до 8 °С, в отдельных точках понижаясь до 2,2 °С [3]. Интервал опробования в скважинах в основном составляет 100 м от дневной поверхности, однако в некоторых скважинах глубина отбора увеличена, но не превышает 160 м [3].

Воды горизонта верхнечетвертичных – современных аллювиальных отложений, опробованные в скважинах, являются пресными (минерализация 32 – 156 мг/л, при среднем 72 мг/л), слабокислыми или слабощелочными (рН = 6,2 – 8,0), гидрокарбонатными кальциево-магниевыми. Максимальные концентрации HCO_3^- и Ca^{2+} имеют значения, близкие к значениям в водах родников. Железо общее содержится в количестве от 0,09 до 0,79 мг/л. Содержание иона NH_4^+ достигает до 0,06 мг/л. Общая минерализация вод изменяется от 0,3 до 0,7 г/л, причем в основном за счет HCO_3^- , Ca^{2+} и Mg^{2+} (воды хлоридно-натриевых аномалий – тема для отдельного исследования). Химический состав подземных вод объясняется сложностью геологических условий осадконакопления, а также степенью их проницаемости, т.е. характером водообмена (табл.). Источником солей здесь могут являться как сами водовмещающие отложения, сформированные в верхнечетвертичное и современное время, так и разгрузка трещинных вод палеозойского фундамента. Пространственная изменчивость основных ионно-солевых компонентов имеет ярко выраженную тенденцию к возрастанию концентраций в пределах верхнечетвертичного водоносного горизонта по мере удаления от области питания и погружения водоносных отложений, главным образом, за счет гидрокарбонат-иона и кальция. Значения рН возрастают вниз по разрезу постепенно от 7,0 до 7,73. Пропорционально росту рН увеличиваются содержания Fe общ, H_4SiO_4 , которые лучше мигрируют в щелочной и восстановительной обстановках. Содержания железа достигают 0,15 – 0,41 мг/л – в водах верхнечетвертичного горизонта. Содержания биогенных компонентов вод (NH_4^+ , NO_2^- , NO_3^- , SO_4^{2-}) достигают своих максимальных значений в поверхностных водах. Максимальные содержания Cu и Zn обнаруживаются также в поверхностных водах, а в пределах водоносного горизонта снижаются вниз по разрезу. Средние концентрации группы литофильных элементов – Na, K и Cl – закономерно возрастают вниз по разрезу одновременно со снижением интенсивности водообмена.

В рассматриваемых геологических условиях грунтовые воды залегают и циркулируют в весьма сложных условиях. Воды приурочены к трещинам выветривания коренных пород, карста, элювиально-деллювиальным, ледниковым, аллювиальным и пролювиальным образованиям. В соответствии с этим наблюдаются различные источники питания вод: атмосферные осадки, конденсация влаги из воздуха, поверхностные водотоки, воды зон тектонических нарушений. В большинстве случаев наблюдается сложное питание грунтовых вод, т. к. принимают участие несколько источников. Режим вод этой зоны непостоянный и определяется, в основном, совокупностью всех приведенных факторов. В пониженных формах рельефа этот водоносный горизонт дает большое количество нисходящих источников и питает поверхностные водотоки, по которым нам часто приходится проводить гидрогеохимические исследования.

Таблица

Средний состав природных вод района бассейна среднего течения р. Катунь

Параметры	Единицы измерения	Атмосферные осадки *	Река (р. Катунь)	Родники	Скважины
рН	нет	6,30	8,11	7,56	7,73
HCO_3^-	мг/л	61,00	76,25	240,34	184,59
Cl^-	"	10,70	2,13	1,27	4,08
SO_4^{2-}	"	4,20	6,90	13,9	27,64
Ca^{2+}	"	5,00	23	49,68	32,47

Na ⁺	"	18,4	2	6,77	13,14
Mg ²⁺	"	4,20	3,33	13,82	12,70
K ⁺	"	Нет	0,98	1,11	2,31
NH ₄	"	Нет	0,2	0,065	0,06
CO ₂ (св.)	"	Нет	8,2	10,62	нет
NO ₂ ⁻	"	Нет	0,005	0,015	нет
NO ₃ ⁻	"	Нет	0,72	0,027	нет
Fe (общ)	мг/л	Нет	2,53	0,15	0,41
Окис., мгО/л	"	Нет	2,94	3,22	6,61
Al	"	Нет	37	4,92	4,44
F	"	Нет	10	24,75	21,91
Sr	"	7,50	Нет	0,46	нет
Mn	"	10,00	Нет	0,01	нет
Ti	"	38,00	Нет	нет	нет
Zn	"	2,50	11,8	0,51	нет
Ba	"	6,00	Нет	0,04	нет
Cu	"	0,50	3,2	0,12	нет
Cr	"	6,00	Нет	3,53	нет
Pb	"	1,00	0,09	0,05	нет
Mo	"	0,25	Нет	нет	нет
Cd	"	Нет	0,13	0,03	нет
Hg	"	0,50	0,01	0,025	0,04
Si	"	Нет	2,8	9,903	2,85
PO ₄ ³⁻	"	Нет	0,03	0,027	нет
Li	"	Нет	0,005	0,01	нет
Минерализация	"	30	65	67	72,07
Кол-во анализов	"	3	46	202	193

Примечание: * – по данным Шварцева С.Л., 1998.

Воды этой зоны характеризуются окислительной обстановкой: в них присутствуют растворенные кислород и углекислота. Это создает условия для окисления сульфидных минералов и миграции металлов. Кроме миграции металлов в форме простых ионов, здесь имеются необходимые условия для миграции их в виде комплексных соединений и коллоидов.

При гидрогеохимическом исследовании горно-складчатой области – Горного Алтая, т. е. бассейна среднего течения р. Катунь, сделан вывод, что геолого-структурные факторы оказывают влияние на миграцию металлов в природных водах. Подземные воды рассматриваемого района по условиям циркуляции относятся к зоне аэрации и зоне активного водообмена.

На основании анализов химического состава подземных вод с учетом пластовых давлений и температур и ионной силы раствора были рассчитаны концентрации (активности) компонентов с использованием программного комплекса HydrGeo [2]. Анализируя полученные в процессе работы диаграммы можно сделать вывод, что насыщение воды карбонатами кальция, магния и железа приводит к их выпадению из природных вод (рис. 1 – 3).

В результате проведенных термодинамических расчетов установлено, что подземные воды насыщены карбонатами, составляющими новообразованную вторичную твердую фазу, формирующуюся на протяжении всего времени взаимодействия в системе вода-порода.

Таким образом, в ходе проведенного нами анализа можно сделать вывод о том, что режим подземных вод в бассейне реки Катунь определяется естественными режимобразующими факторами: климат, количество атмосферных осадков, рельеф, геологическое строение, проницаемость горных пород, тип вод по условиям залегания, наличие гидравлической связи с рекой.

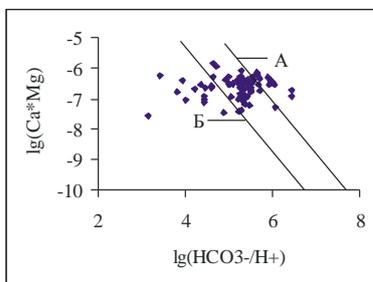


Рис. 1. Диаграмма равновесия кальцита при температуре 22° (А) и 10 °С(Б) с нанесением данных по составу подземных вод среднего течения Катунь

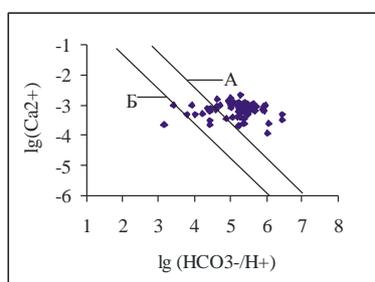


Рис. 2. Диаграмма равновесия сидерита при температуре 22° (А) и 10 °С(Б) с нанесением данных по составу подземных вод среднего течения Катунь

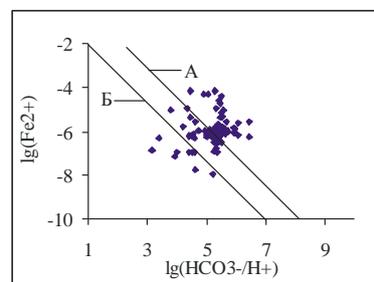


Рис. 3. Диаграмма равновесия доломита при температуре 22° (А) и 10 °С(Б) с нанесением данных по составу подземных вод среднего течения Катунь

1. Гидрогеология СССР / Под редакцией А.В. Сидоренко. – М.: Недра, 1972. – Т. 17. – 450 с.
2. Каменский Г.Н., Толстихина М.М., Толстихин Н.И. Гидрогеология СССР. – М.: Госгеолтехиздат, 1959. – С. 38 – 45.
3. Катунь: экогеохимия ртути / Под редакцией Н.А. Рослякова., А.Н. Дмитриева. – Новосибирск, 1992. – 240 с.
4. Кирюхин В.А., Кортков А.И., Шварцев С.Л. Гидрогеохимия. – М.: Недра, 1993. – 384 с.
5. Шварцев С.Л. Гидрогеохимия зоны гипергенеза. – М.: Недра, 1998. – 367 с.

ИЗУЧЕНИЕ КАЧЕСТВЕННОГО СОСТАВА ПИТЬЕВЫХ ВОД ПОСЕЛКА ПОРОСИНО (ТОМСКАЯ ОБЛАСТЬ)

Ю.Г. Михеева

Научный руководитель доцент Р.Ф. Зарубина
Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

Актуальность работы обусловлена существующей проблемой качества питьевых вод. При централизованном водоснабжении в крупных городах качество питьевых вод контролируется постоянно согласно Сан П и Н. В поселках при централизованном водоснабжении контроль качества воды осуществляется значительно реже.

Цель работы – исследовать химический состав воды в районе Поросино и сравнить его с исходным составом при запуске скважин.

Объект расположен в 23 км от г. Томска на левом берегу р. Томи. Численность населения составляет порядка 800 чел. Водоснабжение, частично централизованное, производится из четырех скважин, расположенных в пределах поселка. В октябре 2005 г. автором были взяты пробы воды из двух скважин и проведен их химический анализ.

Водозаборная эксплуатационная скважина № Т-0417, пробуренная в 1967 г., расположена на юго-западной окраине Поросино, предназначена для водоснабжения населения. Скважина имеет глубину 115 м; надфильтровая часть – от 78 до 90,2 м; фильтр – от 90,2 до 103,6 м; отстойник – от 103,6 до 115 м.

Эксплуатационная скважина № 10/92 расположена возле школы, пробурена для водоснабжения в 1992 г. Глубина скважины от поверхности земли 118 м; надфильтровая часть – от 50,5 до 97 м; фильтр сетчатый – от 97 до 106 м, отстойник – от 106 до 118 м.

Результаты химического анализа проб воды, взятых из этих скважин, приведены в таблице. При сравнении их с результатами анализа проб воды, взятых в начале работы скважины, видно, что химический состав воды в период эксплуатации практически не изменился, удовлетворяет требованиям ПДК по СанПиНу. Исключение составляют содержание Fe и Mn, концентрация которых в обеих скважинах превышает ПДК.

Таблица

Результаты химического анализа проб воды

Компоненты	Единицы измерения	Скв. № Т-0417, 09.2005 г	Скв. № Т-0417, 19.06.1967 г	Скв. № 10/92, 09.2005 г	Скв. № 10/92, 1992 г	ПДК _{х-п}	Рекомендуемые пределы
Сухой остаток	мг/л	346	308	311	398	1500	
Na+K	мг/л	-	15	-	50,58		
Na	мг/л	10	-	13	-	200	5 – 20
K	мг/л	0,9	-	1,1	-		0,5 – 3
Ca ²⁺	мг/л	112	80,2	92	88,18		15 – 30
Mg ²⁺	мг/л	9,8	17	12,2	13,37		3 – 12
HCO ₃ ⁻	мг/л	402,6	354	366	463,7		50 – 160
Cl ⁻	мг/л	5,32	3	5,32	4,96	350	2 – 10
SO ₄ ²⁻	мг/л	6,1	< 2	5,9	-	500	3 – 12
NO ₂ ⁻	мг/л	0,003	-	< 0,003	-	3	
NO ₃ ⁻	мг/л	< 0,6	-	< 0,6	-	45	0,3 – 3
NH ₄ ⁺	мг/л	0,66	0,6	0,63	0,79	2	
Мин.	мг/л	547	459	494	622	1000	100 – 300
pH	мг/л	7,3	7,5	7,4	8,39	6-9	6,8 – 7,2
Fe _{общ.}	мг/л	1,76	2	1,37	1,18	0,3	
О.Ж.	мг-экв/л	6,4	5,4	5,6	5,5	7	
O ₂	мг/л	-	3,2	-	3,68	2,5-3	
Si	мг/л	9,4	-	8,8	-	10	
F	мг/л	0,28	-	0,33	-	0,7-1,5	0,1 – 0,5
П.ок.	мг/л	1,04	-	1,76	-		
Zn	мг/л	0,002	-	0,00411	-	5	
Cd	мг/л	0,0002	-	-	-	0,001	
Pb	мг/л	0,0036	-	0,00172	-	0,03	
Mn	мг/л	0,203	-	0,192	-	0,1	
Li	мг/л	0,007	-	0,008	-	0,03	
Sr	мг/л	0,6	-	0,6	-	7	
PO ₄ ³⁻	мг/л	0,28	-	0,34	-	3,5	
Cu	мг/л	0,00673	-	0,00026	-	1	

По полученным данным химического анализа видно, что вода в скважине № Т-0417 в 2005 г. пресная, гидрокарбонатная – кальциевая, слабощелочная, жесткая с повышенным содержанием Fe и Mn; состав воды аналогичен таковой в скважине в 1967 г, наблюдается лишь небольшое различие в содержании Mn и общей жесткости.

В скважине № 10/92 в 2005 г. вода пресная, гидрокарбонатная – кальциевая, слабощелочная, умеренно жесткая с повышенным содержанием Fe и Mn;

в 1992 г. вода гидрокарбонатная натриево-кальциевая с повышенным содержанием Fe.

Также в таблице приведены рекомендуемые пределы содержания некоторых компонентов качества питьевой воды [2]. Сравнивая их с изучаемыми водами, видим, что данные по Mg и pH близки к норме, но содержание Ca и HCO_3^- намного выше рекомендуемых значений.

В заключение можно сказать, что исследуемые воды удовлетворяют нормативам СанПиНа за исключением Fe и Mn. Концентрации Fe превышают ПДК в 5 – 6 раз, Mn – в 2 раза. Концентрация большинства других компонентов соответствует рекомендуемым нормам.

Формулы Курлова для воды скважин:

- скважина № Т-0417, 2005 г.

$$M_{0.5} \frac{\text{HCO}_3 96}{\text{Ca}82\text{Mg}12} \text{pH } 7,3 \text{ Ж } 6,4 \text{ Fe } 1,8 \text{ Mn } 0,2$$

вода пресная, гидрокарбонатная кальциевая, слабощелочная, жесткая, с повышенным содержанием Fe и Mn;

- вода скважины № Т-0417, 1967 г.

$$M_{0.5} \frac{\text{HCO}_3 98}{\text{Ca}71\text{Mg}25} \text{pH } 7,5 \text{ Ж } 5,4 \text{ Fe } 2$$

также пресная, гидрокарбонатная магниевая-кальциевая, слабощелочная, умеренно жесткая, с повышенным содержанием Fe;

- в скважине № 10/92, 1992 г. вода

$$M_{0.6} \frac{\text{HCO}_3 98}{\text{Ca}58\text{Na}29\text{Mg}13} \text{pH } 8,4 \text{ Ж } 5,6 \text{ Fe } 1,2$$

пресная, гидрокарбонатная натриево-кальциевая, слабощелочная, умеренно жесткая, с повышенным содержанием Fe,

- в скважине № 10/92, 2005г. вода

$$M_{0.5} \frac{\text{HCO}_3 96}{\text{Ca}73\text{Mg}16} \text{pH } 7,4 \text{ Ж } 5,6 \text{ Fe } 1,4 \text{ Mn } 0,2$$

пресная, гидрокарбонатная кальциевая, слабощелочная, умеренно жесткая, с повышенным содержанием Fe и Mn.

Литература

1. СанПиН 2.1.4.1074 – 01. Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества.
2. Шварцев С.Л. Гидрогеохимия зоны гипергенеза. – М.: Недра, 1998. – 366 с.

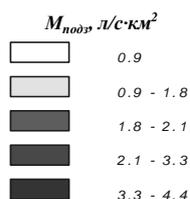
ОСОБЕННОСТИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ПОДЗЕМНОГО СТОКА СЕВЕРНОЙ ЧАСТИ КУЗНЕЦКОГО АЛАТАУ

А.Н. Никитенков

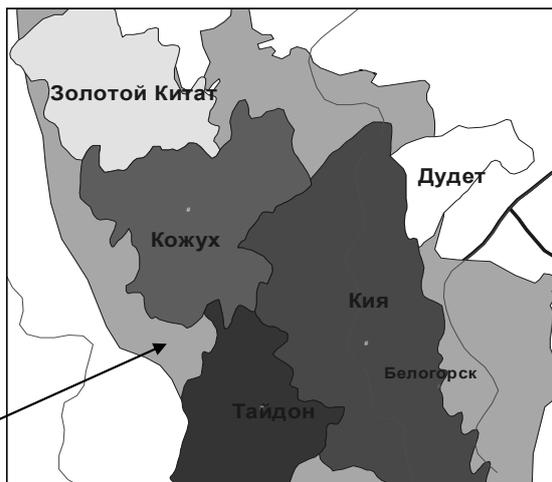
Научный руководитель доцент Е.М. Дутова
Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

Решение задачи количественной оценки водных ресурсов на протяжении всего времени развития методик их количественного определения было достаточно сложным, но, вместе с тем, крайне необходимым. Обусловлено это тем, что везде, где бы ни жил и ни работал человек, ему всегда нужна вода, пригодная для обеспечения как своих самых насущных потребностей, так и для различных технических нужд. В особенности важной представляется детальная оценка водных ресурсов в промышленно-развитых регионах страны, причем как в количественном исчислении, так и в качественном отношении.

В материальных выбирается тот водных. Большинство оценки водных иные которых: проведения длительных вероятности очень низкая производимых конечном итоге



Кузнецкий Алатау



зависимости от возможности или иной метод оценки ресурсов территории. имеющихся методов ресурсов имеют те или недостатки, среди необходимости дорогостоящих и буровых работ, высокие ошибки при оценке, детальность исследований, что в выливается как либо в

Рис 1. Распределение модулей подземного стока по водосборам

большие сроки и высокую стоимость проводимых работ, либо в низкую детальность получаемых прогнозов. Исходя из данных фактов, представляется весьма интересным и даже необходимым усовершенствование имеющихся методов оценки водных ресурсов с применением современных технологий, в результате чего они становятся более точными, экономичными и простыми в использовании. Один из подходов к усовершенствованию уже имеющихся методов и представлен в данной работе.

Предлагаемый подход был использован для усовершенствования имеющихся методов оценки водных ресурсов и является, в своем роде, результатом синтеза нескольких подходов, используемых в таких методах, как оценка водных ресурсов путем расчленения гидрографа реки по генетическим типам питания, метода гидрологических аналогов, современных компьютерных технологий и применения множественной линейной регрессии в качестве средства описания модуля стока через параметры, получаемые другими методами.

Предметом исследований, рассматриваемым в данной работе, являются ресурсы подземных вод северной части Кузнецкого Алатау. Район исследований включает в себя водосборы следующих рек: Кожух, Тайдон, Золотой Китат, Кия и Дудет. Первые два относятся к речной системе реки Томи, остальные три – к речной системе Чулыма. Общая площадь территории, для которой производится оценка водных ресурсов, составляет 8220 км².

Исходными данными, послужившими в качестве базиса при выполнении данной работы, являются гидрологические ежегодники за период (1965 – 1975 гг.) и цифровая карта речной сети описываемого региона, а также данные высотным условиям водотоков рассматриваемых водосборов.

На основе сведений, полученных из гидрологических ежегодников, в MS Excel 2003 была создана база данных по расходам рек исследуемого района с данными за четыре-семь лет (в зависимости от наличия данных) для каждой из рек. Затем были получены усредненные данные по каждой из рек. Далее была произведена оптимизация имеющихся данных путём их сглаживания по декадам за счет вычисления среднеарифметических данных по расходам. Затем было произведено расчленение полученных гидрографов по генетическим типам питания. Результаты расчленения легли в основу создания цифровых карт, отражающих распределение как полного речного, так и подземного стока в пределах водосборов исследуемой территории. Создание карт велось в ГИС ArcView 3.2a. Их фрагменты представлены на рис. 1 (в виде закрашки водосборов исследуемых рек соответствующим цветом) и рис. 2 (в виде изолиний). Добавление полученных данных к имеющейся цифровой карте речной сети позволило получить на их базе систему, позволяющую наглядно пространственно оценить распределение водных ресурсов.

Путем обработки полученных данных средствами ГИС были получены морфометрические характеристики, характеризующие исследуемые водосборы. Затем был произведен корреляционный анализ зависимости модуля стока от данных параметров, с целью выявления среди них наиболее существенных (все виды математической обработки были проведены в пакете анализа, являющегося составной частью MS Excel). Результаты этого анализа и легли в основу оценки водных ресурсов путем множественного регрессионного анализа зависимостей модуля стока от морфометрических параметров водосборов с использованием подходов морфоструктурно-гидрогеологического анализа, разработанного А.А. Лукиным. Как результат, получены регрессионные уравнения, описывающие зависимость модуля стока от параметров водосборов. Обобщенные данные по регрессионным зависимостям модуля стока от геоморфологических параметров для водосборов исследуемого района представлены в табл. 1.

Таблица

Уравнения регрессии, описывающие связь модуля подземного стока с параметрами рельефа

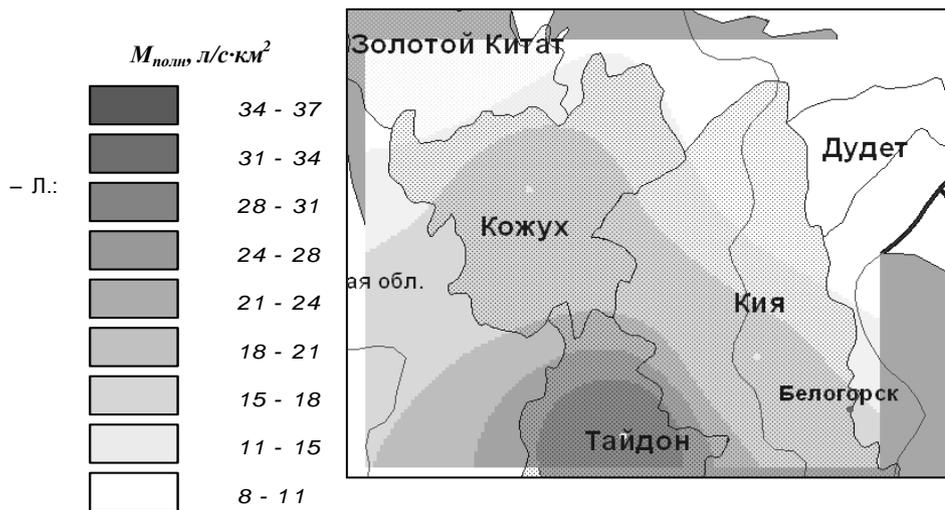
Подземный сток	$M = UKL \cdot 160,2 + MAX \cdot 0,004 + S/L \cdot 0,34 - P_{dol} \cdot 2,56$	Множественный R=0.97, N=5
Полный сток	$M = UKL \cdot 460,2 + MAX \cdot 0,0144 + S/L \cdot 1,7 - P_{dol} \cdot 9,93$	Множественный R=0.98, N=5

Примечание: S – площадь водосбора; UKL – уклон потока; L – длина основного потока, км; MAX – максимальная высота области питания в пределах водосбора;

В результате мы видим, что выявленные в ходе исследований зависимости между модулем стока и геоморфологическими параметрами водосборов вполне отражают природные закономерности. Так, мы видим, что при естественном замедлении интенсивности движения вод с глубиной наблюдается снижение значимости влияния на величины модуля стока таких факторов как отношение площади водосбора к длине русла основной реки, отражающее форму речного бассейна, тоже можно сказать и о порядке речной долины, отражающей мощность слоя дренируемых рекой пород. Что касается уклона, то он явно оказывает большее влияние на больших глубинах, что можно сказать и о влиянии максимальной отметки области питания - не сильно меняющейся величине, которая практически не меняется, лишь немного повышаясь с глубиной.

Автор, отдавая себе отчет в том, что имеющаяся в наличии выборка не может целиком обеспечивать точное отражение выявленных закономерностей применительно ко всему региону, тем не менее, считает, что при некотором ее расширении, использование метода оценки водных ресурсов на основе регрессионных уравнений, описывающих зависимость модуля стока от морфологических параметров водосборов, представляется достаточно перспективным в пределах территорий водосборов, граничащих с данным районом и имеющих сходную геоморфологию и гидрогеологию, а также размер.

В качестве своеобразного заключения хотелось бы отметить, что основным фактором, определяющим распределение водных ресурсов в пределах Кузнецкого Алатау, является уклон рельефа (что справедливо практически для всех горно-складчатых территорий), степень влияния которого на различные генетические составляющие стока и была установлена. Проведенная работа позволила количественно оценить пространственное распределение водных ресурсов исследованных водосборов, что в сочетании с используемым математическим аппаратом может быть использовано как для качественных, так и для количественных оценок водных ресурсов и моделирования их изменения во времени.



Литература

1. Булавко А.Г. Водный баланс речных водосборов.

Рис. 2. Распределение модулей полного речного стока по территории

1. Гидрометеорологическое издательство, 1971. – 304 с.
2. Зекцер И.С., Джамалов Р.Г. Подземные воды в водном балансе крупных регионов. – М.: Наука, 1989. – 124 с.
3. Калинин Г.П. Проблемы глобальной гидрологии. – Л.: Гидрометеорологическое издательство, 1968. – 378 с.
4. Ржаницын Н.А. Морфологические и гидрологические закономерности строения речной сети. – Л.: Гидрометеорологическое издательство, 1960. – 238 с.

ЭКОЛОГО – ГЕОХИМИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОД В БАССЕЙНЕ РЕКИ ТОМИ

М.П. Огнетова, Е.В. Домрочева

Научный руководитель профессор С.Л. Шварцев
Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

В настоящее время можно говорить о значительном техногенном влиянии на поверхностные водные объекты в Западно-Сибирском регионе. Однако на сегодняшний день не много достоверной информации, наиболее полно отражающей современное состояние водного объекта и позволяющей делать прогноз его возможного изменения под действием как естественных, так и антропогенных факторов.

В связи с этим в ТФ ИГНГ СОРАН под руководством Шварцева С.Л. организована работа по опробованию природных вод верхней динамической зоны бассейна р. Томи. Необходимость таких исследований обоснована методологической основой для решения водно-экологических проблем, а именно исследованиями по системе базовых пунктов гидрогеохимических наблюдений, которые представляют собой характерные для данного региона водные объекты зоны активного водообмена или верхней гидродинамической зоны [3].

В данной работе приведены результаты исследований эколого-геохимического состояния поверхностных вод бассейна реки Томи за период с 2000 по 2005 годы. За весь период исследований было отобрано 98 проб поверхностных вод, из них 86 речных и 12 озерных. Под озерами мы понимаем техногенные водоемы и пруды-отстойники

Речные воды можно разделить на 2 группы по следующему принципу: если хотя бы один элемент по своему содержанию превышает предельно установленные концентрации, то воды относятся к первой категории – условно грязные, а если таких элементов нет, то ко второй группе – условно чистые. Необходимо отметить, что данная оценка качества вод происходит без учета содержания в них органических микропримесей. Вероятнее всего, что если бы во всех опробованных водах определялось содержание органических микропримесей, то число проб воды, которые мы условно называем чистые, было бы значительно меньше. Исследования, проведенные в ТФ ИГНГ СО РАН показали, что практически все поверхностные водные объекты исследуемого района загрязнены органическими микропримесями, среди которых по массе преобладают такие группы соединений как фталаты, парафины, алкилбензолы, полициклические ароматические углеводороды (ПАУ), карбоновые кислоты, полиены. И во всех водах, где определялось содержание нефтепродуктов, они обнаружены в концентрациях превышающих установленные [4].

Химический состав речных вод обеих групп представлен в табл. 1 и 2.

Группа вод, которые отнесены к условно чистым, по химическому составу гидрокарбонатные кальциевые, с минерализацией не более 300 мг/л, рН изменяется от слабо нейтрального до щелочного (6 – 8,5). В среднем состав вод характерен для данного района (табл. 1). При используемых критериях оценки качества к условно чистым относятся воды правых притоков Томи – р.Уса и р. Верхняя Терсь, левых притоков – Мрассу и р. Кондома (выше г. Новокузнецка), а так же воды р.Томи выше г. Междуреченска.

Таблица 1

Содержание химических элементов в чистых речных водах

Кол-во проб	рН	Na ⁺ , мг/л	Ca ²⁺ , мг/л	Mg ²⁺ , мг/л	Cl ⁻ , мг/л	SO ₄ ²⁻ , мг/л	HCO ₃ ⁻ , мг/л	Минерализация
	6 – 8,5	1 – 70	4 – 112	0,2 – 17,08	0,17 – 39,05	0,01 – 39,5	18,3 – 683,2	28 – 292,5
	7,7	9,67	30,51	5,44	6,62	6,75	148,88	154,86

12	<u>0,3-1,7</u> 0,88	<u>1,45-10,34</u> 3,42	<u>0,003-0,15</u> 3,42	<u>0,1</u> 0,1	<u>1,41-135</u> 17,44	<u>0,15-15</u> 2,23	<u>3,04-108</u> 6,72	<u>0,41-350</u> 35,70
	Sr, мг/л	Al, мг/л	Hg, мкг/л	Li, мкг/л	Zn, мкг/л	Cd, мкг/л	Pb, мкг/л	Cu, мкг/л
	<u>0,25-0,7</u> 0,51	<u>0,1-0,46</u> 0,22	<u>0,06-8,078</u> 1,95	<u>0,002-0,019</u> 0,01	<u>1,33-44,5</u> 11,46	<u>0,037-0,11</u> 0,62	<u>0,55-5,2</u> 2,32	<u>1,24-6,04</u> 2,61

Примечание: в числителе минимальное значение через тире максимальное, в знаменателе – среднее

Обобщая вышеизложенное можно отметить, что поверхностные воды юга Кузбасса испытывают антропогенное воздействие. В основном имеющиеся превышения норм в отдельных точках связаны с промышленной и хозяйственной деятельностью человека и в целом не характерны для рассматриваемого района. Наиболее сильное загрязнение установлено в озерных водах, расположенных в пределах добывающего и перерабатывающего комплекса.

Литература

1. Людвиг В.М. Техногенное загрязнение фтором в районе Форштадта города Новокузнецка // Обской вестник, 1999. – № 3 – 4. – С. 117 – 119.
2. Савичев О.Г. Реки Томской области: состояние, охрана и использование. – Томск: Изд-во ТПУ, 2003. – 202 с.
3. Шварцев С.Л., Савичев О.Г. Базовые пункты гидрогеохимических наблюдений – новая методологическая основа для решения водно-экологических проблем (на примере бассейна Верхней и Средней Оби) // Обской вестник. – 1999. – № 3 – 4. – С. 27 – 32.
4. Шварцев С.Л., Огнетова М.П. Эколого-геохимическое состояние природных вод бассейна реки Томи // Материалы шестого Сибирского совещания по климато-экологическому мониторингу. – Томск, 2005. – 572 с.

ИССЛЕДОВАНИЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ МЫШЬЯКА В ПРИРОДНЫХ ВОДАХ ЮГО-ВОСТОКА ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

Л.Д. Пепеляева

Научный руководитель доцент Ю.Г. Копылова
Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

Учеными многих стран была отмечена токсичность мышьяка, чаще всего носящая описательный характер без указаний на его форму, валентность, вид соединения. С давних времен мышьяк является олицетворением опасности и синонимом слова «яд». Установлено, что токсичность мышьяка зависит от структуры, состава соединения, растворимости, интенсивности метаболизма, скорости проникновения и путей распределения в живых тканях, а также от индивидуальных свойств живых организмов.

Мышьяк может находить применение как в промышленности, так и служить отходами производств, влияющими на экологическую обстановку. По данным В.С. Гамаюровой [1]: «Огульное отрицание возможности использования соединений мышьяка ведет к экологической катастрофе в тех регионах, где накапливаются его отходы. Это не означает призыва к бесконтрольному применению всех соединений мышьяка. Разумный и осторожный подход, не нарушающий созданных природных механизмов детоксикации и естественного равновесия элемента в окружающей среде, – вот путь решения проблемы мышьяка».

Опубликованная в последнее время обстоятельная картина о распределении мышьяка в человеческих органах, [1] дает очень подробную информацию о кратковременных и длительных воздействиях соединений мышьяка на человека (сердечно – сосудистая, нервная, дыхательная системы, кожа, печень и другие органы). Отмечено, что наиболее опасным соединением мышьяка является арсин – мышьяковистый водород AsH_3 . Фактором, определяющим ядовитость, может быть растворимость в воде: нерастворимые и малорастворимые органические и неорганические соединения мышьяка, как правило, имеют низкую токсичность. Наиболее медленно мышьяк проникает в нервную ткань, поэтому наибольшие концентрации его наблюдаются в печени и почках, а наименьшие – в мозге. Замедленное удаление мышьяка из кожи и волос объясняется высоким содержанием в этих тканях белков с сульфидрильными группами, с которыми легко связывается $As(III)$ [1]. Отмечено действие мышьяка на иммунную систему в концентрациях от 0,5 до 1 мг/л авторами [5]. Установлено, что умеренные дозы арсенитов и арсенатов оказывают иммунодепрессивный эффект. С экологических позиций необходимо прежде всего знать насколько опасно для человека токсическое воздействие мышьяка, растворенного в воде, относящегося согласно СанПиН 2.1.4.1074-01 к элементам 2-го класса опасности.

Исследования распространенности мышьяка в водах, проводимые в разных странах, показывают достаточно широкие пределы его содержания. Так, при изучении озерных вод, учеными разных стран было установлено следующее содержание As: для Греции от 1,3 до 54 мг/л, для Японии от 0,16 до 1,9 мг/л, для придонных вод Ладожского озера от 0,3 до 1 мг/л [2]. В речных водах содержания мышьяка в отдельных районах США составляют от 0,45 до 4,87 мг/л, Англии – до 15 мг/л, Швеции от 0,2 до 10 мг/л, ФРГ от 3,6 до 16,1, Японии в среднем 1,7, а в пределах России они колеблются от 0,3 до 6,3 мг/л [2]. Распространение мышьяка в подземных водах также различно, особенно в пределах рудных районов. Так, в окорудной зоне содержание As может достигать 100 – 200 мг/л. Максимально установленная концентрация мышьяка в кислых рудничных водах достигает 905000 мг/л [2].

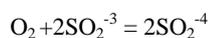
Исходя из этого, появляется необходимость в проведении исследований по распределению мышьяка в окружающей среде, а особенно, вследствие повышенной токсичности, содержания его трехвалентной формы. По результатам можно установить степень чистоты окружающей среды и предположить воздействие мышьяка на живые организмы в ней. Кларк As по А. П. Виноградову – 2,0 мг/л для морской и речной воды всей планеты в целом; по С.Л. Шварцеву [6] средние кларки для Алтайского края также равны 2,0 мг/л, для Кузбасса 2,54 мг/л, для Томского района – около 1,17 мг/л.

В настоящей работе рассмотрено содержание мышьяка в природных водах на примере некоторых районов юго-востока Западной Сибири. В основу исследований положены материалы изучения состава вод в 2005 г. сотрудниками ТПУ и ТФ ИГНД, проведенных в провинциях гумидного и аридного климата.

Определение массовой концентрации мышьяка выполнено методом инверсионной вольтамперометрии [4] на анализаторе типа ТА в аккредитованной проблемной научно-исследовательской лаборатории учебно-научно-производственного центра «Вода» Института геологии и нефтегазового дела ТПУ. Анализ раствора пробы проводился после ее предварительной подготовки путем упаривания пробы в присутствии серной кислоты и восстановления соединений As (V) в As (III) [4]. Используемый метод характеризуется высокой чувствительностью, низким пределом обнаружения (нижняя граница определяемых содержаний составляет 0,002 мг/л), правильностью и воспроизводимостью; кроме того, позволяет устранить мешающее влияние некоторых сопутствующих элементов. В случае получения значений ниже аттестованной границы массовых концентраций мышьяка, проводится анализ показателя повторяемости (среднеквадратическое отклонение), воспроизводимости (среднеквадратическое отклонение), правильности (границы, в которых находится не исключенная систематическая погрешность методики), точности (границы, в которых находится погрешность методики). Результаты считают приемлемыми, если они входят в допустимые интервалы погрешностей.

Мешающее влияние при определении мышьяка методом инверсионной вольтамперометрии оказывают ионы Zn^{2+} , Cu^{2+} , Fe^{3+} . Перечисленные ионы металлов всегда присутствуют в пробах воды в количествах, превышающих содержание мышьяка в 10 и более раз. Мешающее влияние меди и железа происходит из-за близости потенциалов пиков, что приводит к наложению пиков железа и меди на пик мышьяка и увеличивает погрешность определения до 10 – 50 %. Решение этой проблемы было найдено путем подбора концентрации фонового электролита Трилона Б, обеспечивающего максимальную степень связывания мешающих ионов в прочные комплексы при минимальном негативном влиянии на аналитический сигнал мышьяка.

Влияние растворенного кислорода на электрохимическое поведение мышьяка устранялось химическим способом – добавлением насыщенного раствора сульфита натрия. В растворе протекала химическая реакция:



Соблюдение оптимального температурного режима (2400 – 2800 °С) на стадии пробоподготовки при концентрировании мышьяка в процессе упаривания 10 мл воды способствовало максимальному удалению органических составляющих пробы, которые тоже оказывают мешающее влияние на определение мышьяка, при минимальных потерях As^{3+} .

При изучении многокомпонентного химического состава вод использовались классические титриметрические методы анализа (CO_2 , CO_3 , Cl , Ca , Mg , HCO_3). Проводимые исследования также включали потенциометрические методы определения pH вод с использованием прибора Watertest.

В провинции гумидного климата исследования распространенности мышьяка в подземных и поверхностных водах выполнены на территории Кемеровской области, Алтайского края и Томского района Томской области, а в провинции аридного климата на территории Ширинского района Республики Хакасия.

На территории Алтайского края в поверхностных слабощелочных (pH = 7,5 – 7,9) умеренно пресных водах бассейна реки Катунь с минерализацией от 124 до 411 мг/л содержание мышьяка составляет от 0,2 до 7,4 мкг/л.

На таком же уровне обнаружены здесь содержания мышьяка в подземных слабощелочных (pH = 7,7 – 8,0) водах исследованных пресных родников с минерализацией от 340 мг/л (родник Куюсский) до 524 мг/л (родник Скальный) изменяется от 0,20 до 7,75 мкг/л. Наибольшее количество мышьяка зафиксировано в водах родника Скальный (pH = 7,7 с минерализацией 524 мг/л). Наименьшие количества мышьяка (0,20 и 0,97 мкг/л) найдены в водах родников Бельевой (pH = 7,7) и Куюсский (pH = 8,0) при их минерализации 458 мг/л и 340 мг/л соответственно. Приведенные данные позволяют проследить некоторое увеличение содержаний мышьяка в подземных слабощелочных водах родников Алтайского края с повышением их минерализации.

В то же время в подземных слабощелочных (pH = 7,5-8,0) пресных водах скважин Алтайского края, с минерализацией от 389 мг/л (скв д. Верхнекатунское) до 862 мг/л (скв у д. Саратовка) концентрации мышьяка не превышают 1,75 мкг/л. Это максимальное количество мышьяка было найдено в скважине д. Долина свободы в водах с pH = 7,7 и общей минерализацией = 736 мг/л. В большей же части исследованных подземных вод концентрация мышьяка не превышала 0,2 мкг/л.

На территории Кемеровской области поверхностные слабощелочные (pH = 7,5 – 7,9) воды рек (Бачат, Иня, Ускат, Кривой Ускат, Кондома, Бенжереп) характеризуются повышенным содержанием мышьяка (2,33 – 7,92 мкг/л) при меньшей степени минерализации (217 – 827 мг/л). При этом его максимальное содержание отмечено в реке Кривой Ускат Кемеровской области в слабощелочных (pH = 8,1), пресных водах с минерализацией 663 мг/л.

В подземных слабощелочных и щелочных (pH = 7,8 – 9,6) водах исследованных скважин и родников (скважины с. Панфилово, с. Смоленское, родник Тюпушкин и ряд других) Кемеровской области при минерализации 318 – 1325 мг/л содержание мышьяка колеблется в пределах 1,05 – 2,33 мкг/л. В подземных водах скв 1 Ум. с повышенными концентрациями сульфат-иона = 600 мг/л минерализация достигает 1665 мг/л, но концентрация мышьяка при этом равна 1,06 мкг/л.

Подземные воды поселков Кафтанчиково, Поросино, г. Асино Томской области характеризуются более низким содержанием мышьяка по сравнению с таковыми в Кемеровской области и Алтае. В слабощелочных (pH = 7,5 – 8,0) водах с минерализацией от 418 до 628 мг/л его содержание не превышает 3 мкг/л.

В подземных слабощелочных (pH = 7,5 – 8,0) водах Ширинского района Республики Хакасия с минерализацией 456 – 601 мг/л содержание мышьяка изменяется от 0,1 до 2,46 мкг/л. При этом количество мышьяка в поверхностных слабощелочных (pH = 7,8 – 8,0) пресных водах с минерализацией 548 – 977 мг/л колеблется от 0,7 до 6 мкг/л. Наибольшее содержание мышьяка наблюдалось в пресном озере Березовом (pH = 7,8) с минерализацией 544 мг/л.

Из полученных данных следует, что содержание мышьяка в поверхностных водах больше, чем в фоновых подземных в провинциях гумидного и аридного климата. Его поведение в водах во многом определяется кислотно-

щелочными и окислительно-восстановительными свойствами вод. В целом содержание мышьяка в исследованных водных объектах не превышает ПДК для питьевых вод [3], которое составляет 50 мкг/л.

Литература

1. Гамаюрова В. С. Мышьяк в экологии и биологии. – М.: Наука 1993. – 208 с.
2. Иванов В.В. Экологическая геохимия элементов: Справочник. –М.: Недра, 1996. – Кн. 3. – 352 с.
3. Копылов Н. И., Каминский Ю. Д. Мышьяк / Под ред. Г. А. Толстикова. – Новосибирск: Сиб. Унив. Изд-во, 2004. – 367 с.
4. МУ 31–09/04 Количественный химический анализ проб питьевых, природных и сточных вод. Методика выполнения измерений массовой концентрации мышьяка методом инверсионной вольтамперометрии на анализаторах типа ТА. Рег. Код по федеральному реестру методик выполнения измерений, применяемых в сферах распространения государственного метрологического контроля и надзора: ФР.1.31.2004.01324. – Томск, 2004. – 20 с.
5. Yashida T., Shimamura., Shigeta S. // Tokai J. Exp.and Clin. Med. – 1986. – Vol. 11, № 5. – P. 353 – 359.
6. Шварцев С. Л. Гидрогеохимия зоны гипергенеза. – М.: Недра, 1998. – 366 с.

ФОРМИРОВАНИЕ КАЧЕСТВА ВОДЫ В ОЗЕРАХ ГРОДНЕНСКОГО РАЙОНА (РЕСПУБЛИКА БЕЛАРУСЬ) В ОСЕННЕ-ЗИМНИЙ ПЕРИОД

Э.И. Поволанский

Научный руководитель доцент А.И. Зарубов

Белорусский государственный университет, г. Минск, Беларусь

Беларусь довольно хорошо обеспечена водными ресурсами. На ее территории протекает более 20 тысяч рек и расположено более 10 тысяч озер. Однако, несмотря на относительно хорошую обеспеченность республики водой, проблема охраны и сохранения каждого водоема обстоит чрезвычайно остро. С развитием промышленности и сельского хозяйства сейчас существует куда больше возможностей потерять эту «живую воду», чем сберечь ее и этим самым сохранить естественное состояние и внешний вид прославленных и живописных белорусских ландшафтов.

Антропогенная нагрузка на водоемы влияет на качественные характеристики водной массы. Озера Белое, Верхнее, Нижнее и Зацково расположены в 25 км к востоку от г. Гродно и поэтому имеют интенсивное рекреационное использование: на их берегах размещены многочисленные санатории, детские лагеря отдыха и туристические базы.

Озеро Белое расположено в бассейне реки Пырянка (течет через озеро) около д. Озеры. Площадь озера равна 7,1 км². В длину оно вытянуто на расстояние 13 км, а наибольшая ширина составляет 1,15 км. Глубины достигают 16 м. Площадь водосбора равняется 267 км². Склоны котловины крутые, высотой 10 – 15 м, поросли лесом, на юге распаханные [1].

Озеро Нижнее находится также в бассейне реки Пырянки, которая соединяет его с озером Белое. Его площадь равна 2,48 км². В длину оно вытянуто на расстояние 4,76 км, а наибольшая ширина составляет 0,9 км. Площадь, с которого озеро собирает свои воды, равняется 403 км². Наибольшие глубины, зафиксированные в озере, достигают 7,7 м. Склоны котловины высотой 3-5 м, на западе и северо-западе до 17 м, поросли кустарником, местами распаханы. Берега на западе и северо-западе сливаются со склонами. Дно у озера сапропелистое, в прибрежной зоне песчаное. В оз. Нижнее впадает река Стриевка [1].

Озера Верхнее и Зацково практически представляют собой обособленные части оз. Белое, с которым соединены довольно широкими протоками.

Цель исследования – оценить сложившуюся экологическую ситуацию в озерах Гродненского района в осенне-зимний период. Для этого проведено гидрохимическое и гидробиологическое обследование группы озер Белое, Верхнее, Нижнее и Зацково в декабре 2004 г. (4 серии проб в каждом с недельным интервалом отбора проб). На этой основе представлена комплексная экологическая характеристика водоемов Гродненского района.

Известно, что минерализация воды (суммарная концентрация растворённых в ней веществ, мг/л) в водоемах Беларуси невелика. Показатели минерализации не остаются постоянными и колеблются в течение года. Во время половодий, когда они питаются тальми снеговыми водами, минерализация равна 140 – 160 мг/л (табл. 1). В период же летне-осенней и зимней межени, когда преобладает подземное питание, она повышается до 330-350 мг/л. По этому показателю водные объекты республики относятся к группе слабо- и среднеминерализованных [2].

Как видно из табл. 1, в переходный период от осеннего гидрологического режима к зимнему минерализация воды относительно низкая и практически одинаковая для всех водоемов Гродненского района (132,4 – 151,8 мг/л). Гидрокарбонаты составляют 70 – 90 % от общей суммы ионов. Жесткость воды не превышает 30 мг/л во всех водоемах в осенне-зимний период.

Таблица 1

Гидрохимические показатели озер Гродненского района

Показатель	Единица измерения	оз. Белое	оз. Верхнее	оз. Нижнее	оз. Зацково
pH	ед.pH	7,32	7,70	7,14	7,43
HCO ₃ ⁻	мг/л	94,6	94,6	106,8	98,5
SO ₄ ²⁻	- // -	12,0	9,9	15,3	11,8
Ca ²⁺	- // -	22,2	20,0	22,2	21,5
Mg ²⁺	- // -	6,1	7,9	7,5	6,4
PO ₄ ³⁻	мгP/л	0,0	0,0	0,0	0,0
NO ₂ ⁻	мгN/л	0,0	0,0	0,0	0,0
Цветность	Град.Сг-Со шкалы	40	40	40	40
Сумма ионов	мг/л	134,9	132,4	151,8	140,5

Выявлено, что в осенне-зимний период в планктоне обитает 51 вид водных беспозвоночных, из них около 80 % – коловратки. Общая численность зоопланктона в осенне-зимний период составляет: оз. Зацково – 934,7 + 369,0 экз/л; оз. Белое – 58,0 + 17,35 экз/л; оз. Нижнее – 159,7 + 37,1 экз/л; оз. Верхнее – 122,2 + 29,6 экз/л (рис.). Относительное постоянство численности водных беспозвоночных в это время года (декабрь) определяется устойчивостью погодных условий, которые изменялись от +5 до -5 °С для воздушной среды и были близки к 0°С для водной. Количество видов в исследованных озерах колебалась от 18 (Белое) до 28 (Верхнее). Основу численности в каждом из водоемов составляли *Keratella cochlearis*, *Polyarthra vulgaris*, *Chydorus sphaericus*, *Bosmina longirostris* и науплиальные стадии веслоногих ракообразных (Copepoda).

Экологическая оценка качества воды в озерах Гродненского района проводилась с использованием индекса видового разнообразия Шеннона. Этот индекс позволяет рассмотреть структурированность сообществ живых организмов, придавая большую значимость редким и единичным видам. Установлено, что значения индекса Шеннона имеют высокие показатели во всех обследованных озерах (табл. 2), а это свидетельствует о хорошем качестве воды.

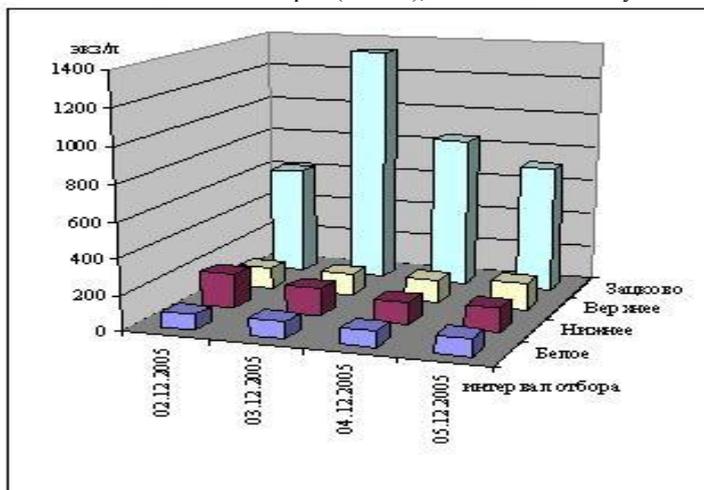


Рис. Пространственно-временное изменение численности зоопланктона в озерах Гродненского района

Значения индекса видового разнообразия Шеннона в осенне-зимний период

Озера	Даты отбора проб			
	02.12.2004	08.12.2004	15.12.2004	22.12.2004
Зацково	2,019	1,362	1,890	2,432
Белое	2,846	3,355	3,488	1,384
Нижнее	3,371	3,415	3,923	3,840
Верхнее	3,558	3,793	3,876	3,377

Таким образом, установлено, что рН воды нейтральная или слабощелочная (7,14 – 7,70). По химическому составу вода озер относится к гидрокарбонатно-кальциевому классу (94,6 – 106,8 и 20,0 – 22,2 мг/л соответственно). Общая минерализация воды в озерах в осенне-зимний период низкая (132,4 - 151,8 мг/л). Биогенные элементы отсутствуют. Исследование гидрохимических и гидробиологических особенностей озер Гродненского района показало, что низкая минерализация воды, отсутствие нитратов и фосфатов, высокие значения индекса видового разнообразия указывают на благоприятную экологическую обстановку в этих водоемах.

Литература

1. Блакітная кніга Беларусі / Редакц. колл. Н.А. Дісько і др. – Мінск: Бел. Энциклопедыя, 1994. – 415 с.
2. Зарубов А.И. Сукцессия зооперифитона в Комсомольском озере г. Минска до очистки русла реки Свислочь // Вестник БГУ. Серия 2. – Минск, 2006. – № 1. – С. 88 – 93.

ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИЕ И ЛИТОЛОГО-СТРАТИГРАФИЧЕСКИЕ ФАКТОРЫ ГЕНЕРАЦИИ И НАКОПЛЕНИЯ УГЛЕВОДОРОДОВ В ЮГО-ЗАПАДНОЙ ЧАСТИ ПРИКАСПИЙСКОЙ ВПАДИНЫ

Т.С. Полухина

Научный руководитель профессор О.И. Серебряков
Астраханский государственный университет, г. Астрахань, Россия

Наряду с литолого-стратиграфическими и тектоническими факторами существенная роль для генерации и накопления углеводородов принадлежит гидрогеологическим. Литолого-стратиграфические и тектонические факторы обусловлены особенностями строения осадочного чехла Прикаспийской впадины – широко развитыми солянокупольными нижнепермскими отложениями кунгурского яруса и множеством различных структур (сводов, валов, поднятий и т.п.).

Ионно-солевой состав подземных вод Прикаспийской впадины изучался в работах Дальян, В.А. Бочкаревой, Ж.С. Сыдыкова, а также А.С. Зингера, Л.М. Зорькина, Е.В. Стадника и др. [1, 2]. Ионно-солевой состав пластовых вод отдельных водоносных комплексов изменяется в широких пределах. Наблюдается закономерное возрастание минерализации и метаморфизации вод от окраинных частей к внутренним районам впадины. Наиболее опреснены воды вблизи восточных областей питания. Во внутренних районах впадины и ее юго-западной части минерализация подземных вод достигает 300 и более г/дм³. Характерной особенностью изменения минерализации вод по разрезу осадочной толщи является наличие во всех водоносных комплексах надсолевых отложений, включая неоген-четвертичные, участков с аномально высокой (свыше 200 г/дм³) минерализацией на фоне регионального уменьшения минерализации вверх по разрезу. Этот факт объясняется разгрузкой вод глубоких горизонтов по тектоническим нарушениям в сводах солянокупольных структур.

Все исследователи отмечают, что геохимический облик подсолевых отложений Прикаспийской впадины указывает на хорошую гидрогеологическую закрытость недр и благоприятные условия для сохранения залежей нефти и газа.

Воды вскрытых разрезов каменноугольных отложений юго-западной части впадины характеризуются в целом относительно низкой минерализацией (80 – 110 г/дм³) по сравнению с минерализацией вышележающих комплексов. Особенно детально воды этих отложений изучены в разрезе Астраханского газоконденсатного месторождения (АГКМ), приуроченного к Астраханскому своду. Водорастворенные газы из этих отложений на своде содержат обычно значительные количества кислых (сероводород и углекислый газ) за счет их хорошей растворимости в воде.

В ранне-среднекаменноугольное время осадконакопление происходило в мелководном бассейне с нормальной солёностью и благоприятными температурным и газовым режимами. Всё это создало благоприятные условия для сохранения органического вещества. Значительное содержание битумоидов, пирита и сероводорода в толще отложений свидетельствует о формировании зоны застойных вод.

Воды нижнепермских отложений характеризуются высокой (до 250 г/дм³) минерализацией. В этот период садконакопление происходило в восстановительной обстановке.

В надсолевых отложениях верхнепермско-нижнетриасовый водоносный комплекс содержит рассолы хлоркальциевого типа с высокой минерализацией и удельным весом до 1,22 г/см³. Газонасыщенность вод изменяется в широких пределах. Наиболее высокие показатели газонасыщенности отмечаются в пределах Бугринско-Шаджинской зоны.

Верхнепермские и нижнетриасовые отложения формировались в окислительной обстановке, о чём свидетельствует красноцветная, бурая, серая окраска пород, присутствие вторичного гипса, окисленный характер органического вещества.

Воды юрских и меловых отложений относятся к хлоркальциевому типу с удельным весом 1,08 – 1,11 г/см³. Они характеризуются значительной сульфатностью и малой степенью метаморфизма при очень высокой минерализации. Минерализация подземных вод колеблется в пределах от 250 г/дм³ до 318 г/дм³, газонасыщенность не превышает 350 –

500 см³/л. По составу газы метаново-азотные и азотные. Осадконакопление в юрском и меловом периодах происходило в восстановительной среде. Весьма низкое содержание гуминовых кислот (сотые и тысячные доли процента) позволяет предположить, что органическое вещество этого времени имеет сапропелевый характер и может рассматриваться в качестве нефтепродуцирующего

В юго-западной части Прикаспийской впадины, в толще кайнозойского возраста, перекрывающей осадочные отложения, сформировались небольшие залежи и скопления углеводородов. Палеогеновые отложения не имеют площадного распространения. Их осадконакопление происходило в условиях мелководного морского бассейна. Они размыты на приподнятых участках, а также в пределах наиболее древних межкупольных депрессий. Соответственно, водоносные горизонты распространены ограничено в мульдовых зонах. Подземные воды характеризуются хлоридным, натриевым составом с минерализацией до 40 г/дм³. В отдельных скважинах отмечены нефтепроявления в виде притоков пластовой воды с пленками нефти и нефтенасыщенности кернового материала. К отложениям палеогена приурочена небольшая нефтяная залежь, приуроченная к площади Верблюжья. Нефть этой залежи является легкой, малосернистой, высокосмолистой и малопарафинистой.

Эоплейстоценовые отложения кайнозоя, представленные апшеронским ярусом, повсеместно развиты на большей части территории Прикаспийской впадины. Литологический разрез отложений сложен толщиной осадочных пород, главным образом, глинами серыми и темно-серыми алевролитистыми с подчиненными прослоями песков светло-серых и зеленовато-серых, сформировавшейся в период трансгрессивного состояния Каспия. В разрезе отложений обнаружены остатки растительного и животного происхождения. Общая мощность отложений достигает 180 – 300 м. Они залегают на глинистых породах ачкагыльского яруса неогена. Сверху перекрыты выдержанной по мощности толщиной плейстоценовых и голоценовых отложений.

В песчаных прослоях апшерона содержатся газоводяные смеси или отдельные газовые скопления. В отдельных частях разреза количество водоносных прослоев изменяется от 4 до 7. Мощность их также различна, от 2 до 70 м. Водовмещающими породами являются пески мелко-среднезернистые, залегающие на глубинах от 125 м до 379 м в толще глин. Чередование песков и глин создает многоярусность водоносных слоев, разделенных водонепроницаемыми глинами мощностью от 3 до 37 м.

Все опробованные водоносные слои содержат напорные воды. Пьезометрические уровни устанавливаются у поверхности земли и выше. В основном скважины самоизливаются, дебит при самоизливе изменяется в пределах от 2,3 до 9,8 л/с, при понижении уровня на 10 – 12 м до 10 л/с. По химическому составу воды апшеронских отложений высокоминерализованные хлоридные натриевые.

На разрабатываемых нефтегазовых и газоконденсатных месторождениях водоносный горизонт эоплейстоцена используется для технического водоснабжения при строительстве глубоких буровых скважин с целью приготовления буровых растворов и для размыва подземных хранилищ. Многолетняя эксплуатация горизонта и режимные наблюдения подтвердили стабильность качественных показателей воды, что позволяет обосновать использование ее и для других целей: в виде сырья и как лечебную в бальнеологии [1].

Все водоносные прослои содержат водорастворенные газы. Состав водорастворенных газов изменяется от метанового до азотного. Низкое содержание в газах тяжелых углеводородов или их полное отсутствие объясняется геохимической молодостью эоплейстоценового бассейна, в котором процессы преобразования органического вещества находятся на начальной стадии и протекают, в основном, по газовому ряду. Газовая составляющая подземных вод является одним из важнейших показателей качества апшеронских вод. Нередко газы, содержащиеся в подземной воде создают негативный эффект непосредственно при бурении скважин и при использовании ее в технологических целях. При этом большое значение имеет правильное определение как величины газосодержания (газовый фактор Гф), так и компонентного состава растворенных газов, по которым проводится расчет коэффициента газонасыщенности $K_g = P_g/P_{пл}$ (где P_g – давление насыщения, $P_{пл}$ – пластовое гидростатическое давление).

Комплексные газогидрогеологические исследования подтвердили, что газонасыщенность пластовых вод апшеронского горизонта (Гф) составляет в среднем 50 см³ газа в 1 литре воды, а в отдельных случаях достигает 300 см³ и более. Состав водорастворенного газа: метана (СН₄) до 99,5 %, углекислого газа (СО₂) до 0,4 %, азота (N₂) до 0,1 %. Тяжелые углеводородные компоненты (С₂ и выше), а также сероводород отсутствуют. Упругость водорастворенного газа достигает 5 атм, коэффициент насыщения составляет 15 %.

Отдельные мощные газовые скопления были открыты на территории Астраханской области (Кирикилинская, Азауская, Тинакская площади). При опробовании песчаного пласта апшеронского яруса в интервале 438 – 444 м получен фонтан газа со свободным дебитом 74800 м³/сут. При работе скважины дебит газа составил 22900 м³/сут, абсолютное пластовое давление 44,2 ат., статическое давление 42,87 ат., плотность газа по воздуху – 0,557, содержание метана 99,5 %, азота 0,5 %.

Присутствие в воде таких газов как СО₂, Н₂S, СН₄, N₂ и др. является характерной особенностью минерализованных вод содержащих органическое вещество. Это позволяет относить их к минеральным водам с бальнеологическими свойствами. Как правило, минеральные воды самоизливаются под действием гидростатического давления или напора газов при строительстве и эксплуатации водяных скважин.

На территории Астраханской области также были выявлены минеральные воды в песчаных водоносных прослоях в интервалах глубин от 200 до 300 м с минерализацией от 30 до 50 г/дм³. Они характеризуются хлоридным кальциево-магниевым составом с повышенным содержанием органических веществ, кремниевой кислоты и железа. Состав водорастворенных газов метаново-углекисло-азотный (% обнаружения метана до 20, углекислого газа свыше 20, азота около 60). Содержание нелетучих органических веществ в воде по углероду свыше 40,0 мг/дм³ (перманганатная окисляемость 31,0 мг/дм³). Концентрация летучих жирных кислот достигает 0,030 мг-экв./дм³, нафтеновых – около 2 мг/дм³. Биологически активные вещества представлены бромом (свыше 100 мг/дм³) и йодом (до 30 мг/дм³). Содержание кремниевой кислоты – около 40 мг/дм³. Реакция водной среды слабокислая, по температуре воды относятся к группе холодных источников.

В целом по гидрогеологическим и литолого-стратиграфическим критериям наиболее благоприятные условия для генерации и аккумуляции углеводородов сложились в подсолевом карбонатном комплексе разреза, характеризующимся закрытостью недр. Это подтверждено открытием АГКМ, а позднее Алексеевским газоконденсатным месторождением. В надсолевых отложениях, как правило, менее благоприятных для образования

углеводородов, формируются нефтегазовые залежи, находящиеся в условиях нарушения фазового равновесия с подземными водами, обусловленные слабой закрытостью гидрогеологического бассейна.

Литература

1. Аронова Ю.С., Полухина Т.С. Газогидрохимические особенности эоплейстоценовых отложений в связи со строительством скважин / Разведка и освоение нефтяных и газоконденсатных месторождений. Научные труды АстраханьНИПИгаз. – Астрахань: ИПЦ «Факел» ООО «Астраханьгазпром», 2004. – Вып. 6. – 315 с.
2. Бочкарева В.А., Сыдыков Ж.С., Джангирьянц Д.А., Подземные воды Прикаспийской впадины и ее восточных обрамлений. – Алма-Ата: Наука, 1973.

ИЗУЧЕНИЕ ПРОЦЕССОВ МИКРОБИОЛОГИЧЕСКОГО ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ОТХОДОВ В УСЛОВИЯХ ПЛАСТОВ-ХРАНИЛИЩ ПОЛИГОНА «СЕВЕРНЫЙ» В АСПЕКТЕ РЕШЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ПРОБЛЕМ

А.В. Позизов

Научный руководитель зам. главного инженера по геологии ИХЗ Р.Р. Хафизов
ФГУП «Горно-химический комбинат» Изотопно-химический завод, г. Железногорск, Россия

Предупреждение вредного воздействия радиоактивных отходов на человека является одной из актуальных проблем 21 века. Опасность повышенных уровней радиоактивных излучений определила особое отношение к атомной энергии и радиоактивным отходам, потребовала принятия кардинальных и оперативных мер по их изоляции от человека. В нашей стране в качестве одного из методов окончательного удаления РАО из среды обитания человека было выбрано захоронение в глубинные геологические формации, в том числе в жидком виде, непосредственно после их образования.

С 1994 года проводился систематический мониторинг физико-химических, геологических, радиационно-химических характеристик пластов-хранилищ с удаленными РАО. Однако микробиологические аспекты метода глубинного захоронения РАО, в частности, геохимическая деятельность микроорганизмов, обитающих в подземных горизонтах, влияние их на состав и миграцию отходов оставались практически без внимания. Начиная с 1998 года, начаты работы по изучению влияния активности микроорганизмов на изменение состава захороненных отходов. Работы проводились при участии института физической химии и института микробиологии академии наук Российской Федерации. Российские ученые при исследовании микрофлоры подземных горизонтов, используемых для захоронения жидких РАО, обнаружили в них богатое микробное население. Более того, было показано, что микроорганизмы, обитающие в подземных горизонтах, способны образовывать из макрокомпонентов жидких отходов такие газы как метан, диоксид углерода, водород, сероводород, азот, а также поверхностно-активные вещества и другие продукты.

С точки зрения безопасности эксплуатации подземных хранилищ особый интерес представляет биогенное газообразование, поскольку оно может приводить к локальному повышению давления в пласте, ускорению миграции компонентов отходов и другим нежелательным явлениям. Особенно опасно газообразование в призабойной зоне, где возможно возникновение газлифта.

Цель работ состояла в изучении состава микробного сообщества и установление возможности современного биогенного образования газов в жидкостях глубинных горизонтов, использовавшихся для захоронения радиоактивных отходов на полигоне «Северный» Железногорского Горно-химического комбината (ГХК).

Полигон «Северный» расположен в пределах санитарно-защитной зоны комбината и находится на правом берегу р. Енисей на водоразделе рек Енисей и Б. Тель, северо-восточнее г. Красноярск на расстоянии около 55 – 60 км. Площадь горного отвода составляет 45 км², интервал глубин 50 – 400 м, объем порового пространства около 11 км³. В геологическом отношении участок в/з «Северный» приурочен к центральной части депрессии (понижения) кристаллического фундамента докембрийского возраста. В составе юрских отложений выделяют:

I водоносный горизонт – залегает на глубине 310 – 415 м, мощностью 55 – 80 м, используется для закачки среднеактивных отходов (САО);

водоупорные горизонты Б, Ф, В общей мощностью 150 – 170 м;

II водоносный горизонт – залегает на глубине 110 – 140 м, мощностью 80 – 90 м, используется для закачки низкоактивных отходов (НАО);

водоупорный горизонт Г мощностью 0 – 40 м;

III водоносный горизонт мощностью 15 – 35 м.

На ГХК регулярно осуществляется гидрохимический контроль состояния подземных вод с целью оценки воздействия производственной деятельности предприятия на геологическую среду. Для проведения этих работ производится периодический отбор проб из наблюдательных скважин, расположенных внутри предполагаемого контура распространения отходов и вне его. В пробах пластовой жидкости определяется сумма бета-активности компонентов, значение рН, нитрат и сульфат ионы.

Для изучения физико-химических и микробиологических процессов были отобраны пробы из наблюдательных скважин II горизонта полигона «Северный» ГХК. Для данной работы были отобраны пробы пластовой жидкости из наблюдательных скважин Д-1, Д-2, Д-4, А-28, А-39 (табл. 1).

Таблица 1

Результаты анализа проб пластовой жидкости, отобранных в различные промежутки времени

№ скв.	Год проведения анализа	Глубина отбора проб	рН	Ca ²⁺	Mg ²⁺	(Na ⁺ + K ⁺)	HCO ₃ ⁻	NO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻
Д-1	1998	198	9,10	0,88	0,76	3,01	5,08	0,021 – 1,3	0,47
Д-1	2000	198	10,05	0,80	0,58	3,35	3,97	0,03 – 1,86	0,51

Д-2	1998	162	7,90	2,27	1,84	0,81	4,79	0,033 – 2	0,51
Д-2	2000	162	8,21	1,44	0,86	3,17	5,20	0,03 – 1,86	0,47
Д-4	1998	171	7,5	1,93	1,24	1,37	4,67	0,01 – 6,2	0,24
Д-4	2000	171	8,89	1,36	0,61	1,52	3,72	0,003	0,37
А-39	1998	168	7,80	1,55	1,14	2,75	5,59	0,03 – 1,86	0,18
А-39	2000	132	8,14	1,76	0,79	2,89	5,04	0,03 – 1,86	0,13

Наряду с изучением физико-химических характеристик проводилось микробиологическое изучение проб пластовой жидкости. Используя элективные питательные среды, определяли численность микроорганизмов основных метаболических групп, которые по теоретическим предположениям могли населять эти подземные горизонты: аэробных сапрофитов, анаэробных денитрифицирующих, бродильных, сульфатвосстанавливающих и метанобразующих бактерий. Радиоизотопными методами измеряли скорости микробиологических процессов сульфатредукции и метаногенеза; изучали способность пластовой микрофлоры продуцировать газы в присутствии стимулирующих соединений – макрокомпонентов отходов; исследовали состав микробного сообщества.

Аэробные органотрофы были найдены во всех исследуемых скважинах всех горизонтов в большом количестве (102 – 107 кл/мл), особенно в водах, с небольшой глубины залегания, богатых кислородом. В течение исследуемого периода численность этой группы микроорганизмов возрастала практически во всех скважинах. Это свидетельствует о высоком содержании кислорода во втором горизонте, а также о близости контура распространения ацетата, как органического макрокомпонента РАО.

Анаэробные бактерии были представлены всеми исследованными физиологическими группами микроорганизмов – бродильными, денитрифицирующими, сульфатредуцирующим и метанобразующими.

Бродильные бактерии, учитываемые на среде с сахарозой, были найдены во всех пробах. Численность их во всех скважинах невысока (порядка $10 \div 10^3$ кл/мл) и несколько возрастает в течение всего времени исследования.

Денитрифицирующие микроорганизмы, растущие в среде с нитратом и ацетатом, также были найдены во всех пробах в невысоких количествах ($10^2 \div 10^4$ кл/мл), численность этой группы варьировала за время исследования. В некоторых скважинах наблюдается заметный рост численности, что, скорее всего, связано с движением контура распространения нитрата и ацетата.

Численность сульфатвосстанавливающих микроорганизмов также немного возрастает с течением времени, что свидетельствует о прохождении фронтов контура распространения сульфатов, как компонентов РАО.

Среди всех физиологических групп микроорганизмов наибольший интерес представляют группа денитрифицирующих, а также аэробных органотрофов и бродильных бактерий в связи с их большим количеством и способностью выделять газы в результате своей жизнедеятельности.

Проверка состава газовой фазы первичных посевов аэробных органотрофов и бродильных бактерий показала, что в процессе жизнедеятельности эти группы микроорганизмов способны продуцировать углекислый газ и водород. Результаты представлены на рис. 1 и 2.

Численность сульфатвосстанавливающих бактерий и метанобразующих, обычно осуществляющих термальные процессы превращения органического вещества в различных экосистемах невысока, что свидетельствует о низкой скорости биогенных процессов и подтверждается нашими исследованиями интенсивности микробных процессов (табл. 2). Причиной тому служит низкое содержание сульфата, бикарбоната и других соединений в естественных низкоминеральных пластовых водах, а также высокая концентрация растворенного в воде кислорода.

Из всего вышесказанного можно сделать следующие выводы.

Во втором горизонте полигона «Северный» найдены микроорганизмы различных физиологических групп.

Между скважинами одного горизонта есть отличия в физико-химических и микробиологических показателях.

Наблюдается динамика изменения микробных сообществ основных физиологических групп и физико-химических параметров в каждой скважине во времени.

В пласте-хранилище II горизонта протекают разнообразные микробиологические процессы.

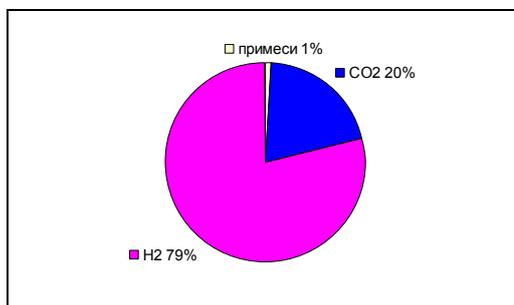


Рис. 1. Образование газа сообществами микроорганизмов с бродильным типом метаболизма

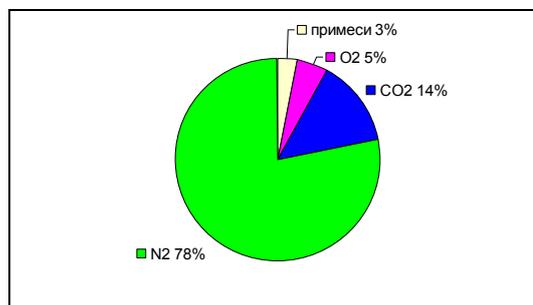


Рис. 2. Образование газа сообществом аэробных органотрофов (кислород и азот из воздушной смеси)

Таблица 2
Сравнение скоростей сульфатредукции и метаногенеза в пластовой жидкости второго горизонта

Скважина	Год	Интенсивность процесса
----------	-----	------------------------

	проведения анализа	Сульфатредукции, мкг SO ₄ ²⁻ /(л.сут)	Метаногенеза на ацетате, мкг CH ₄ /(л.сут)	Метаногенеза на бикарбонате, мкг CH ₄ /(л.сут)
Д-1	2000	0,030	0	0
Д-1	2004	0,034	0,032	0
Д-2	2004	0,122	0,0162	0,035
Д-4	2000	0,76	0,109	0,0003
Д-4	2004	0,011	0,0009	0
А-39	2004	0,052	0,019	0,618
Р-10	2000	0,028	0	0
Р-10	2004	0,022	0,134	0,018

Состав микробиологического сообщества и кинетика микробиологических процессов зависят от физико-химических показателей пластовой жидкости.

Из данных выводов следует, что микробиологический мониторинг вместе с физико-химическим позволяет более полно оценить текущие процессы в хранилище РАО с точки зрения безопасности эксплуатации.

ГЕОЛОГИЯ И НЕФТЕГАЗОНОСНОСТЬ ЮЖНО-ЯМАЛЬСКОГО НГР (ЗАПАДНАЯ СИБИРЬ)

О.В. Сазонова

Научный руководитель кандидат геолого-минералогических наук Д.А. Новиков
Новосибирский государственный университет, г. Новосибирск, Россия

Южно-Ямальский НГР Ямальской НГО расположен в южной части полуострова Ямал, административно приурочен к Ямало-Ненецкому автономному округу. В последние годы в связи с падением добычи на крупнейших месторождениях ЯНАО (Медвежье, Ямбургское, Уренгойское) нефтегазовая промышленность все большее внимание стала уделять разведке и введению в эксплуатацию новых месторождений. Согласно комплексной программе освоения Северных регионов Западной Сибири РАО «Газпром» планирует в ближайшие годы запуск основных месторождений Ямала: Бованенковского, Арктического, Новопортовского и др.

В результате поисково-разведочных работ в этом районе открыто 9 месторождений: Байдарацкое, Усть-Юрибейское, Нурминское, Среднеямальское, Хамбатовское, Малоямальское, Ростовцевское, Каменомысское и Новопортовское. Из них 5 нефтяных и 4 газовых.

Продуктивный этаж охватывает отложения от сеномана до среднего палеозоя. Выделяются следующие нефтегазоносные комплексы:

1. Палеозойский. Отложения фундамента представлены в основном тремя формациями, развитыми не повсеместно: глинисто-карбонатной, терригенно-карбонатной и карбонатной, терригенной. Возраст по палеонтологическим находкам определен как ордовик-карбон. Породы нарушены многочисленными разрывными дислокациями и пронизаны интрузиями основного состава. Притоки газа и нефтепроявления получены из скважин на Новопортовской площади из карбонатных пород предполагаемой коры выветривания, сформировавшейся во время перерыва в осадконакоплении. Максимальная мощность, вскрытая скважинами, составляет 820 м. Глубина залегания закономерно увеличивается от Щучинского выступа на восток и в пределах структуры Нового Порта составляет 2432 м на своде и 3200 м на крыльях. Далее палеозойский фундамент погружается еще глубже, образуя Пур-Гыданскую синеклизу байкальского возраста. К Уралу возраст фундамента «омолаживается», и представлен герцинидами.

Промышленные притоки газа и конденсата получены в основном из карбонатных отложений (скв. 107 и др.), в том числе в зонах разломов глубинного заложения (скв. 94, 211, 306), а также отмечены проявления нефти (скв. 138). Некоторые исследователи предполагают продуктивными рифовые постройки вдоль западного борта палеовпадины субмеридионального простирания, которые прослеживаются на сейсмопрофилях и в виде локальных аномалий ускорения свободного падения, но, к сожалению, ни одной скважиной еще не вскрыты. Нужно отметить, что палеозойские породы сильно дислоцированы, разбиты на блоки и осложнены многочисленными пологими (15-300) надвигам, увеличивающими мощность терригенно-карбонатных отложений. Надвиги обычно кососекущие по отношению к геологическим границам, иногда совпадают с ними и, как правило, хорошо подчеркивают склоны выявленной палеовпадины. Продуктивный пласт М.

Триасовые отложения на территории Западной Сибири развиты лишь в зонах рифтогенеза и выявлены в пределах Среднеямальского грабен-рифта, который расположен к северу от рассматриваемого района.

2. Нижне-среднеюрский (без келловя). Представлен осадками глубоководного шельфа мощностью до 2 км. Разделен на 2 серии: уренгойскую и варьганскую. Осложнен несколькими стратиграфическими перерывами. Продуктивные горизонты Ю2-9 приурочены к отложениям мальшевской, леонтьевской и вымской свит (рис.).

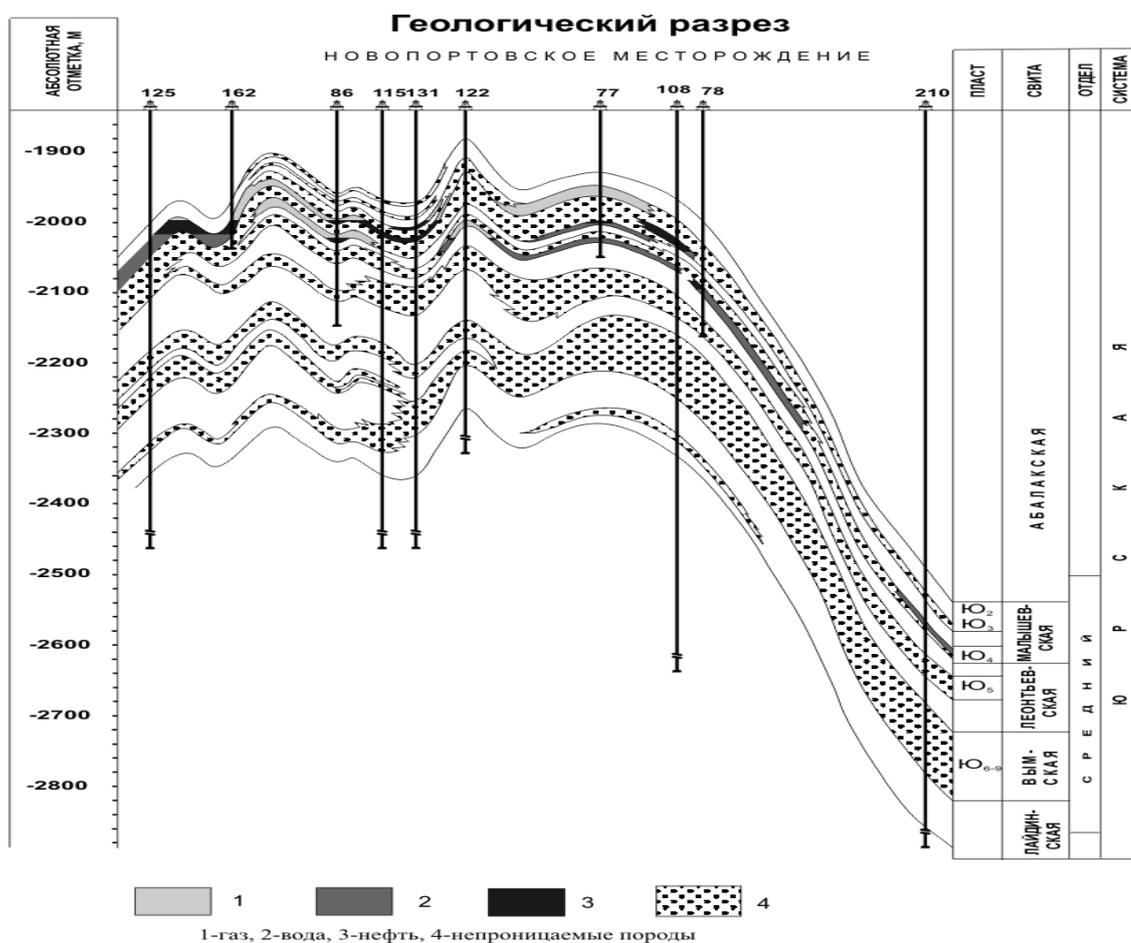


Рис. Геологический разрез продуктивных отложений юры Новопортовского месторождения (по А.М. Брехунцову)

3. Келловей и верхняя юра. Породы этого комплекса в Южно-Ямальском районе объединены в нурминскую свиту, соответствующую абалакской, содержащую 3 подсвиты. Представлена в основном пачками и толщами глин, песчано-алевритовых пород и битуминозных аргиллитов. Источниками песчано-алевритового материала мог служить район Щучинского выступа, так как в его сторону наблюдается увеличение толщины обломков [2]. Мощность около 60 м, отложения частично размывы в центрально-ямальской части и в зонах, прилегающих к Уралу и Пай-Хою. Эта свита характеризуется нефте- и газопроявлениями, но залежи пока не открыты, возможно, вследствие недостаточной изученности. Перекрывается баженовской свитой, которая в этом районе плохо изучена, представлена всего в нескольких образцах и не имеет ярко выраженной на сеймопрофилях кровли (отражающий горизонт Б).

4. Неокомский. Представлен ахской свитой и нижней подсвитой танопчинской свиты. Сложены терригенными породами: переслаивание алеврито-песчаных и существенно глинистых пачек между собой разделены глинами верхнеготеривской трансгрессии. Продуктивные горизонты ахской свиты – группы БЯ (4, 100, 10, 120, 12, 18) и группы НП (10, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 70, 7, 8, 9, 10); танопчинской свиты – группы ТП (18, 20, 21, 22, 25) Залежи в этом комплексе обнаружены на Байдарацкой, Новопортовской, Нурминской, Ростовцевской, Среднеямальской, Хамбатеиной и Усть-Юрибейской площадях. Залежи в основном нефтяные, газоконденсатные и нефтегазоконденсатные. Примечательно, что в этом комплексе сосредоточены все известные нефтяные залежи района.

5. Апт-альб-сеноманский. Представлен переслаиванием пачек глин и в различной степени алевритистых пластов песчаников (ТП1-ТП13) верхней подсвиты танопчинской свиты, морскими глинами яронгской свиты (120-340 м, нижний-средний альб) и преимущественно песчано-алевритовыми отложениями марресалинской свиты (500 м, верхний альб – сеноман, пласты ПК1-ПК10). В основном газоносны. Основной поток газа предполагается снизу за счет первоначальной вертикальной миграции из крупного очага его генерации, которым могли быть мощные толщи К1, J с преимущественно гумусовой органикой.

Литература

1. Воронов В.Н., Коркунов В.К., Ивашкева Д.А. Палеозойские рифогенные постройки – новые нефтегазопроисковые объекты Ямала // Геология нефти и газа. – 1997. – № 6. – С. 4 – 9.
2. Кислухин В. И., Брехунцова Е. А., Шрейнер А. А. Особенности геологического строения верхнеюрских осадочных образований на полуострове Ямал // Геология, геофизика и разработка нефтяных и газовых месторождений. – 2003. – № 4 – 5. – С. 30 – 34.
3. Конторович А. Э., Сурков В.С. (ред.) Геология и полезные ископаемые России. Западная Сибирь. – СПб.: ВСЕГЕИ, 2004. – Т. 2. – 477 с.
4. Максимов С. П., Самолетов М. В., Немченко Н. Н. и др. Палеозойский карбонатный комплекс – перспективный объект поиска залежей УВ на Ямале // Геология нефти и газа. – 1987. – № 10. – С. 30 – 36.

5. Нестеров И. И. и др. Особенности геологического строения и разработки уникальных залежей газа крайнего севера Западной Сибири. – Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2004. – 140 с.

БИОТРАНСФОРМАЦИЯ СЕРОСОДЕРЖАЩИХ СОЕДИНЕНИЙ КАМЕННЫХ УГЛЕЙ ДОНЕЦКОГО БАСЕЙНА

О.С. Смага, Н.В. Тонкова

Научный руководитель доцент М.З. Серебряная

Днепропетровский национальный университет, г. Днепропетровск, Украина

Сера в углях является вредной примесью, так как при сжигании каменных углей образуются газообразные соединения серы, загрязняющие атмосферу, а при коксовании каменных углей в кокс переходит до 80 – 90 % серы, что в дальнейшем приводит к ухудшению качества металлургической продукции. В связи с этим десульфуризация углей имеет исключительное важное значение, как в угольной и металлургической промышленности, так и для охраны воздушного бассейна.

Серные соединения в каменных углях представлены сложным комплексом органических и минеральных соединений. Неорганическая сера представлена в двух состояниях – восстановленном и окисленном. Восстановленные соединения серы представлены сульфидами металлов, преимущественно в виде пирита. Неорганическая сера может также встречаться в виде сульфатов кальция и железа. Органическая сера, содержащаяся в углях, представлена смесью сероорганических соединений, ввиду чего понятием органическая сера определяют суммарное количество серы, химически присоединенной к органическому веществу различными типами связей, при этом предполагается присутствие сульфидных, дисульфидных, тионовых и других типов связей. Общее содержание серы колеблется в углях от 0,2 – 10 %. Для Донецких углей [2] характерно преобладание органической серы в углях с низкой сернистостью (0,5 – 2 %) или пиритной в высокосернистых углях. С увеличением содержания общей серы возрастает содержание как пиритной, так и органической серы. Железо и сера, содержащиеся в каменных углях, являются элементами, которые могут как окисляться, так и восстанавливаться различными микроорганизмами, представляя собой важный источник энергии для их роста [1].

Описано большое количество микроорганизмов, обладающих способностью снижать содержание серы в углях. Археобактерия *Sulfolobus brierleyi* устраняет 90 % пиритной серы и 35 – 40 % органической из углей с общим содержанием серы 5,8 %. Археобактерии рода *Acidians* способны окислять элементарную серу и ионы двухвалентного железа. Эксперименты по десульфуризации каменных углей с помощью псевдомонад показали, что *Pseudomonas putida* за 5 суток снижает на 75 % содержание пиритной серы и на 40 % органической. Эксперименты на европейских углях с содержанием серы 1,6 – 6 % показали, что применение микроорганизмов рода *Pseudomonas* позволяет извлекать до 90 % пиритной серы [3]. Микроорганизмы, подобные лептоспириллам, также способны удалять до 85 % пиритной серы за 40 дней. При этом 30 % выщелоченной из пирита серы окисляется до элементарной [5], трансформирующейся в растворимые сульфаты. *Rhodococcus rhodochorus* и *Bacillus sp. haericus* также обладают способностью извлекать серу из углей. Термофильные бактерии, выделенные из термофильных источников, удаляли до 90 % пиритной серы и 33 % органической, что составляло 50 % от общего ее содержания в пробах [6]. Более широко исследовано извлечение пиритной серы из угля с использованием *Thiobacillus ferrooxidans* [4]. Из высокосернистых углей применением тиобацилл удается извлечь до 86 – 92 % пиритной серы. Использование смешанных культур *Th. ferrooxidans* и *Th. thiooxidans* позволяет более эффективно удалять пирит из угля. *Th. ferrooxidans* является одной из наиболее интересных культур в плане десульфуризации каменных углей ввиду своей способности использовать не только неорганические соединения серы, но и ионы двухвалентного железа. Таким образом, использование автотрофных и гетеротрофных микроорганизмов позволяет добиться в определенной степени десульфуризации каменных углей. Большая часть изученных микроорганизмов успешно разрушают пиритные соединения серы, хуже трансформируя ее органические соединения. В связи с этим поиск микроорганизмов, обладающих высокой активностью деградации как органических, так и минеральных соединений серы, является актуальной задачей.

Штамм *Enterobacter cloacae* 182-A относится к гетеротрофным микроорганизмам, обладающим высокой минералпреобразующей активностью. Эта культура растворяет фосфаты кальция, окислы железа, марганца и ряда цветных металлов, продуцирует протеолитические ферменты, карбоновые кислоты и перекисные соединения, обладает высокой устойчивостью к ионам марганца, железа, цинка, а также способна снижать содержание сернистых соединений в углях [7].

В этой связи представило интерес изучить способность шт. 182-A разрушать минеральные и органические соединения серы, входящие в каменные угли Донецкого бассейна и отличающиеся по структуре и генезису. Полученные результаты представлены в таблице.

Таблица

*Извлечение серосодержащих соединений из каменных углей культурой *Enterobacter cloacae* 182-A*

Угольный пласт	Соотношение твердой и жидкой фаз, Т:Ж	Сера общая		Сера органическая		Сера пиритная		Сера сульфатная	
		содержание в пробе после опыта, %	% извлечены	содержание в пробе после опыта, %	% Извлечены	содержание в пробе после опыта, %	% извлечены	содержание в пробе после опыта, %	% извлечения
m3	1:10	0,9	65,1	0,2	46,4	0,78	64,6	0,06	0
	1:20	0,8	69,8	0,15	57,2	-	-	-	-
	контроль (без обработки)	2,65		0,37		2,22		0,06	

m2	1:10	3,41	11,4	1,39	0	1,7	18,8	0,2	26,9
	1:20	3,75	2,6	0,8	25,9	-	-	-	-
	контроль (без обработки)	3,85		1,39		2,18		0,28	

Примечание " - " – определение не проводилось.

Изученные пласты m3 и m2 характеризуются различной степенью деградации соединений серы. Более высокий процент извлечения серы наблюдается при обработке пласта m3 с содержанием общей серы 2,65 %. Снижение общей серы данного пласта составило 65 – 69 % в зависимости от соотношения твердой и жидкой фаз. Выход в раствор органической серы составил 46,4 – 57,2 %, пиритной – 64,6 %. Необходимо отметить, что при обработке пласта m3 почти все фракции извлекались синхронно.

При обработке E. cloacae 182-A пласта m2 эффект биодеградации заметно ниже. Содержание пиритной серы в угле снизилось на 18,8 % против 64,6 % в пласте m3, притом, что исходное содержание пирита в этих пластах практически равно. Также существенно отличается извлечение органических соединений серы из пласта m3: всего 0 – 25,9 % при Т:Ж 1:10 и 1:20 соответственно. Извлечение сульфатной серы, не наблюдавшееся в пласте m3, составило 26,9 %.

Исходя из строения изучаемых пластов, их генезиса и химического состава, нельзя сделать определенные выводы о причинах таких различий в бактериальной деградации углей. Можно предположить, что указанные различия зависят от типа включений пирита в угольный пласт, строения его кристаллической решетки, а также различной пористости углей, что сказывается на возможности проникновения бактериальных клеток и их метаболитов в поры углей.

Из представленных данных следует, что изученный штамм E. cloacae 182-A с успехом может быть использован для десульфуризации каменных углей Донецкого бассейна.

Литература

1. Экологическая биотехнология // Под ред. К.Ф.Форстера. – Л., 1990. – С. 208 – 216, 225 – 227.
2. Юровский А.З. Сера каменных углей. – М., 1960. – 295 с.
3. Agus M., Gonti G., Orsi N., Pietropaolo V. et al. Coal desulfurization by biohydrometallurgical processing: a progress report on a three-year project // Biohydrometallurgy. – 1989. – P. 36.
4. Kuenen J.G., Pronk J.T., Hazeu W., Meulenber R., Bos P. A review of bioenergetics and enzymology of sulfur compound oxidation by acidophilic thiobacilli // Biogydrometallurgical Technologies. Edited by A.E.Torma, M.L.Apel and C.L.Brierley. The Minerals, Metals and Materials Society. – 1993. – V. I. – P. 487 – 494.
5. Merreting U., Wiotzka P., Onken U. Removal of puritic sulfur from coal by Leptospirillum-like bacteria // Biohydrometallurgy. – 1989. – P. 39.
6. Runnion K.N., Combie J.D. Organic sulfur removal from coal by mycroorganisms fio extreme environment // Biohydromet. – 1991. – P. 40.
7. Пат. № 63213 А UA, C12S1/02. Серебряная М.З., Тонкова Н.В., Васючков Ю.Ф. Способ снижения количества серы в каменном угле. Заявл. 03.03.2003; опубл. 15.01.2004. Бюл. № 1.

ОЦЕНКА ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ АРИДНЫХ ТЕРРИТОРИЙ ЛЕНО-АМГИНСКОГО МЕЖДУРЕЧЬЯ В ЦЕЛЯХ ВОЗМОЖНОСТИ ВОДОСНАБЖЕНИЯ

А.В. Сычевский

Научный руководитель доцент В.Ф. Попов

Якутский государственный университет, г. Якутск, Россия

Лено-Амгинское междуречье расположено на территории республики Саха (Якутия) в пределах Центральной Якутии. В административном отношении район входит в состав Мегино-Кангаласского, Чурапчинского и Амгинского улуса. Население занимается скотоводством и земледелием. Основным источником водоснабжения поселков являются воды аласных котловин, качество и количество которых в большинстве случаев не удовлетворяет требования предъявляемым к хозяйственно-питьевому водоснабжению. Малые реки в летний период очень маловодны. Вся территория характеризуется повышенной аридностью. Здесь выпадает малое количество осадков 200 – 250 мм, в основном в летний период, при этом испаряемость с водной поверхности оценивается в 200 мм. Климат резкоконтинентальный. Зимний период в Центральной Якутии продолжителен, очень холодный и малоснежный. Среднегодовая температура равна – 10,2 °С [1].

Определяющим фактором природных условий района является развитием сплошной в плане и непрерывной в разрезе криолитозоны. Формирование её связано с аномально низкими величинами теплового потока из земных недр и суровыми климатическими условиями на протяжении всего плейстоценового времени, что способствовало интенсивному охлаждению верхних горизонтов литосферы и глубокому промерзанию пород в пределах всех геоморфологических уровней [3].

На поймах р. Лены мощность мёрзлых пород колеблется от первых метров до 300 ÷ 350 м. Сквозные таликовые зоны под руслами рек расположены в виде отдельных разобщённых “окон”. Единый сквозной талик в пределах исследованной территории, отсутствует.

На надпойменных террасах крупных рек исследуемой территории мощность мёрзлой толщи изменяется в пределах 400 ÷ 500 м, причём наблюдается её незначительное возрастание в направлении с юга на север.

Подозёрные и подаласные талики имеют широкое распространение в пределах исследованной территории и приурочены, главным образом, к современным долинам крупных рек и полям развития покровных полигенетических образований.

В гидрогеологическом отношении район исследований приурочен к Лено-Алданскому артезианскому бассейну II порядка.

Лено-Алданский артезианский бассейн, в свою очередь, входит в состав гидрогеологической структуры I порядка – Якутского артезианского бассейна [7].

В пределах района работ распространены виды подземных вод, характерные для зоны распространения многолетнемерзлых пород: надмерзлотные (таликовые) и подмерзлотные. Исходя из геологического строения в пределах исследуемой территории выделены криогенно-таликовых и подмерзлотные водоносные комплексы.

На территории Заречной группы улусов сложилась критическая ситуация по водоснабжению. В связи с этим было выполнено площадное гидрогеологическое обследование поверхностных водотоков (водоемов), применительно к масштабу 1:200 000 с применением комплекса гидрометрических, гидрогеохимических методов. Также проводилось бурение гидрогеологических скважин в целях изучения условий залегания, оценки региональных закономерностей распространения и условия формирования всех типов подземных вод.

По результатам исследований гидрогеологических условий, в соответствии с геологической стратификацией, уточнена возрастная принадлежность гидрогеологических подразделений, выявлены основные закономерности распространения водоносных комплексов, характер циркуляции и особенности химического состава подземных вод, выявлены зоны различной водопроницаемости, подробно охарактеризован первый от поверхности региональный водоупор – многолетнемерзлые породы [2].

Подрусловые таликовые комплексы характеризуются, преимущественно, песчаным составом водовмещающих пород. Дебит скважин на пойме р. Лены составил 0,37 л/с, удельный дебит – 0,03 л/см, коэффициент водопроницаемости – 6,6 м²/сут. Качество вод соответствует требованиям [4].

Подозёрные и подаласные талики имеют повсеместное распространение на исследованной территории в пределах всех геоморфологических уровней [5]. К ранее изученным таликам в процессе работ добавлено несколько новых таликовых. Площадь их изменяется от 0,025 кв. км до 40 ÷ 50 кв. км, мощность колеблется от первых метров до 120 ÷ 150 м, а в отдельных термокарстовых котловинах ранее проведенными геофизическими и буровыми работами установлено существование сквозных таликовых зон. Обычно, талые породы сверху перекрыты “козырьком” ММП, мощностью от 0,5 ÷ 1,2 до 15 ÷ 21 м.

Подземные воды таликовых комплексов приурочены к толще нелигитированных кайнозойских образований различного генезиса, а на левобережье р. Лены – и к верхней части меловых отложений. Дебиты скважин изменяются от 0,06 до 2,78 л/с, удельные дебиты – от 0,01 до 3,5 л/см. Коэффициент водопроницаемости колеблется в пределах 0,36 ÷ 44 м²/сут.

Воды подозёрных и подаласных таликов, как правило, отличаются высоким качеством и отвечают требованиям, предъявляемым для питьевых вод.

Среди подмерзлотных вод наиболее полно изучен субкриогенный порово-трещинный терригенный комплекс мелового возраста, залегающий первым от поверхности. Водовмещающие породы представлены песками, песчаниками, алевролитами, бурыми углями. Воды комплекса вскрываются на глубинах от 350 до 610 м, величины напора достигают 201 ÷ 365 м. Дебиты скважин, как правило, невелики и колеблются в пределах 0,2 ÷ 2,6 л/с, удельные дебиты – в пределах 0,01 ÷ 2,68 л/с·м. Коэффициент водопроницаемости изменяется от 0,02 до 117 м²/сут, в среднем составляя 30 ÷ 60 м²/сут.

По химическому составу подмерзлотные воды, в большинстве случаев, не соответствуют требованиям и требуют предварительного улучшения качества. Наиболее часто отмечается превышение норм по величинам сухого остатка (1,1 ÷ 11,8 ПДК), общей жёсткости (1,1 ÷ 1,4 ПДК), содержанию хлоридов (2,8 ÷ 19,9 ПДК), натрия (2,2 ÷ 22,2 ПДК), железа (1,3 ÷ 1,7 ПДК). Из микрокомпонентов нередко наблюдаются повышенные концентрации брома (1,3 ÷ 98,4 ПДК), марганца (1,5 ÷ 5,0 ПДК), в отдельных случаях – фтора (до 1,5 ПДК), стронция (до 2,8 ПДК), свинца (до 1,3 ПДК), кадмия (до 2 ПДК). Часто для вод характерна повышенная цветность и окисляемость [6].

Подмерзлотные воды юрского и триасового водоносных комплексов были вскрыты на глубинах более 1700 м. Водовмещающими породами являются песчаники, алевролиты, аргиллиты, конгломераты. Дебит скважины при проведении опытных работ не превышал 0,2 ÷ 0,7 л/с, удельный дебит – 0,01 ÷ 0,09 л/с·м. Качество подземных вод этих комплексов ещё более низкое, чем у описанного выше мелового. Величины сухого остатка достигают 30,2 ПДК, общей жёсткости – 3,8 ПДК, содержание хлоридов – 51,7 ПДК, натрия – 56,5 ПДК.

Таким образом, наиболее пригодными для хозяйственно-питьевого водоснабжения представляются криогенно-таликовые комплексы днищ термокарстовых котловин на правобережье р. Лены, подрусловые талики р. Лены. С точки зрения использования вод в хозяйственных целях может использоваться подмерзлотный водоносный комплекс мелового возраста, где организация водоснабжения возможна после предварительного улучшения качества подземных вод.

Литература

1. Гаврилова Н.К. Современный климат и вечная мерзлота на континентах. – Новосибирск: Наука, 1981. – 113 с.
2. Гидрогеология СССР, том XX. Якутская АССР / Гл. редактор Сидоренко А.В. – М.: Недра, 1980. – 375 с.
3. Общее мерзлотоведение. – М.: Изд-во МГУ, 1978. – 464 с.
4. СанПиН 2.1.4.559-96. Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества. Санитарные правила и нормы. – М.: Информационно-издательский центр Госсанэпиднадзора России, 1996.
5. Строение и абсолютная геохронология аласных отложений Центральной Якутии / Под ред. Е.М. Катасонова. – Новосибирск: Недра, 1979. – 95 с.
6. Метелев В.М. Проект на проведение изучения гидрогеологических условий Заречной группы улусов в пределах листов Р-52-XXII, XXIII, XXIV в целях оценки перспектив и возможностей водоснабжения населенных пунктов за счет подземных вод. – В. Бестях, 2004. – 123 с.
7. Шепелев В.В., Толстихин О.Н., Пигузова В.М. и др. Мерзлотно-гидрогеологические условия Восточной Сибири. – Новосибирск: Наука, 1988. – 213 с.

ЭКОЛОГО-ГИДРОЛОГИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ ПОДЗЕМНЫХ ВОД ЛИТОСФЕРЫ ПРИ РАЗРАБОТКЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ

Ю.И. Твердохлебова

Научный руководитель доцент Э.И. Бесчетнова

Астраханский государственный университет, г. Астрахань, Россия

Процессы освоения углеводородных скоплений вызывают непреднамеренное нарушение состояния вмещающих пород, почвенного покрова, загрязнения атмосферы, поверхностных и подземных вод, т.е. происходит техногенное воздействие на компоненты окружающей среды. Однако последствия техногенных воздействий на геологическую среду на различных этапах освоения не одинаковы. В зависимости от проводимых работ выделяют несколько стадий техногенного воздействия на геологическую среду. При проведении поисковых геофизических работ воздействие минимально. На стадии бурения поисково-разведочных скважин воздействие сосредоточено в локальных зонах ограниченного числа участков, то же и при испытании скважин. На стадии бурения эксплуатационных скважин концентрация возрастает в контурах вполне определенной выбранной территории. В период эксплуатации скважин воздействие многократно увеличивается. И, наконец, в случае строительства и эксплуатации, перерабатывающих углеводородное сырье объектов, оказывается дополнительное воздействие на природную среду. Следовательно, наибольшее техногенное воздействие оказывается в период разработки и переработки энергоресурсов. Исследования показывают, воздействие от добывающих и перерабатывающих нефтегазовых комплексов испытывают огромные объемы геологической среды в интервале глубин до 6 – 7 км и на площади сотен квадратных километров [4].

Одним из регионов, где происходит техногенное воздействие на окружающую среду при разработке углеводородного сырья, является Прикаспийская впадина, представляющая собой крупнейший нефтегазоносный бассейн. В пределах Прикаспийского нефтегазового бассейна открыты и осваиваются такие крупнейшие газоконденсатные месторождения, как Оренбургское, Карачаганакское и Астраханское, а также Тенгизское и Королевское – нефтяные месторождения-гиганты. Включая южную часть впадины, скрытую водами Каспия, на акватории которого открыты новые структуры углеводородов, перспективы Прикаспийского региона в качестве источника и долговременного поставщика энергоресурсов колоссальны. Поэтому параллельно решению вопросов рациональной разработки открытых месторождений необходимо одновременно рассматривать вопросы экологической безопасности региона.

Перечисленные месторождения имеют свои особенности, в тоже время они имеют и сходные признаки: большой этаж газоносности, карбонатные коллекторы пермско-карбонного возраста, наличие сероводорода, двуокиси углерода, конденсата, жесткую связь динамики добычи газа с работой и объектами нефтегазохимического комплекса. Опыт разработки описываемых месторождений свидетельствует о схожести осложнений, возникающих при их освоении – межпластовые перетоки. Из-за нарушения герметичности разреза вмещающих пород и его равновесия сложившегося до начала освоения недр, флюид, из глубокозалегающих пластов, мигрирует в надпродуктивные горизонты-коллекторы, содержащие подземные воды потенциально пригодные для хозяйственно-бытовых нужд и бальнеологических целей. Согласно требованиям, предъявляемым к охране недр нефтяных и газовых месторождений в процессе их разработки, важнейшей задачей является охрана водоносных горизонтов от загрязнения при вскрытии их скважинами, бурящимися на более глубокие пласты. В первую очередь должны охраняться грунтовые и артезианские воды, являющиеся источником водоснабжения населенных пунктов и городов. Несоблюдение правил охраны недр вызовет преждевременное истощение водоносных горизонтов, их загрязнение вследствие проникновения в них глубинных минерализованных вод или углеводородов. Во избежание этого скважины должны иметь соответствующую конструкцию, обеспечивающую изоляцию водоносных горизонтов, и при ликвидации скважин эти горизонты должны изолироваться цементом [1]. Помимо общих требований по охране недр газоконденсатным месторождениям, содержащим в составе флюидов кислые компоненты (H_2S и CO_2), предъявляются особые требования по недопущению попадания перечисленных компонентов на дневную поверхность и водоносные надпродуктивные горизонты.

Как отмечалось, на Оренбургском, Карачаганакском и Астраханском газоконденсатных месторождениях отмечаются межпластовые перетоки флюидов из нижних пластов с аномально высоким пластовым давлением в верхние надпродуктивные горизонты за счет перепада давлений. Путями вертикальной миграции служат стволы аварийных скважин и скважины с некачественно выполненной изоляцией. На Карачаганакском месторождении пластовые перетоки флюидов в вышезалегающие горизонты были вызваны аварией на скважине 427 [2]. Из-за несоблюдения технологии строительства в скважине произошло газопроявление, повлекшее попадание флюидов из продуктивного пласта в горизонты необсаженной части скважины. Последующие работы по ликвидации аварии скважины привели к перетоку газо-водяной смеси в вышезалегающий водонасыщенный пласт. В результате приповерхностного скопления образовался грифон. В результате вертикальных перетоков, в районе расположения месторождения отмечается резкий подъем уровня подземных вод и формирование техногенных газовых залежей в юрских и триасовых отложениях. Это привело к нарушению природного равновесия экосистемы района. Проведенные гидрологические исследования водоносных комплексов свидетельствовали о высокой степени «загрязнения» подземных вод углеводородами. Кроме того, учитывая общий уклон территории к северу, можно ожидать попадание загрязненных вод в речную сеть. В этой связи, необходимо разместить контрольно-наблюдательные скважины по направлению движения подземных вод, как в границах, так и за границами охранных зон разрабатываемого месторождения, что позволит своевременно выявить загрязненность контролируемых объектов и принять предупреждающие меры.

На Астраханском газоконденсатном месторождении в процессе освоения в эксплуатационных скважинах возникли осложнения, связанные с межколонными проявлениями флюидов. Такие проявления представляют собой неконтролируемую миграцию флюида в межколонном пространстве с дальнейшим выходом к устью скважины. Так как в продукции скважин Астраханского месторождения содержится значительное количество сероводорода (25 %), то опасность межколонных проявлений заключается в нарушении целостности обсадных колонн, разгерметизации устьевого оборудования, нерегулируемым выходом пластового флюида в атмосферу. Во избежание загрязнения окружающей среды, в том числе водоносных комплексов надпродуктивных горизонтов, разработана система природоохранных мероприятий, которые включают: постоянный контроль и недопущение самопроизвольного

нерегулируемого проявления флюидов из скважин с межколонными проявлениями; систематические гидрологические наблюдения за потенциально опасными объектами; и др.

Обязательным звеном в технологической цепи разработки газовых месторождений является сооружение подземных хранилищ газа. Такое хранилище для нормальной бесперебойной работы Оренбургского газоконденсатного месторождения в 1974 г. создано на базе бывшего Совхозного месторождения, представляющего выработанную газоконденсатную залежь в рифовом массиве известняков нижней перми. Покрышкой являются соляные отложения широко развитые в Прикаспийской впадине. В процессе эксплуатации хранилища возникла проблема подземных утечек и межпластовых перетоков газа из хранилища, вызванных техническими неисправностями скважин, т.е. техногенными факторами. В 1996 году на территории хранилища образовался газо-водяной фонтан, а вскоре сформировались другие открытые газопроявления. Формирование скопления газа вторичного, техногенного характера в надпродуктивных отложениях, могут вызвать поверхностные газопроявления в виде грифонов, газизирующих родников, перелива газизирующей воды, из неглубоких водяных скважин, выходы газа в русле водотоков, что негативно повлияет на экологическую обстановку [3].

Как видно из сказанного, рассмотренные осложнения являются следствием процессов освоения энергоресурсов газоконденсатных месторождений Прикаспийской впадины, и связаны с нарушением герметичности и равновесия вмещающего разреза. Существующие межпластовые перетоки флюидов из глубоко залегающих слоев с аномально высоким пластовым давлением в надпродуктивных приповерхностных горизонтах могут вызвать их загрязнение токсичными высокоминерализованными флюидами, содержащими агрессивные компоненты. В последствии, загрязненные воды приповерхностных горизонтов могут попасть в зону жизнедеятельности человека. Поэтому, очень важно, для дальнейшего гидрологического контроля с целью предупреждения и недопущения загрязнения среды, получения фоновых характеристик водоносных комплексов разреза месторождения, проводить следующие работы. При поисковом, разведочном и эксплуатационном бурении собирать информацию о подземных и пластовых водах всех водоносных горизонтов разреза месторождения, в том числе их компонентный состав, скорость и направление движения, расход воды. Общеизвестно, вода является тем компонентом окружающей среды, который практически мгновенно реагирует на все изменения, происходящие в ней, и позволяет путем гидрологических исследований оперативно контролировать эти изменения, вносить соответствующие коррективы.

В этой связи, для эколого-гидрологического мониторинга среды при освоении энергетических ресурсов необходимо систематически проводить гидрологический, гидрохимический и гидродинамический контроль подземных вод всех надпродуктивных водоносных комплексов месторождения. Необходимо также обосновать и разместить контрольно-наблюдательных скважин на все водоносные горизонты по площади месторождения и за его пределами, чтобы оперативно и своевременно выявить и предупредить возникающие осложнения.

Поэтому уже сегодня следует пересмотреть экологическую политику разработки углеводородного сырья. Для этого предусмотреть создание опорной сети неглубоких гидрогеологических, наблюдательных скважин на все надпродуктивные водоносные горизонты. Регулярные стационарные наблюдения в этих скважинах способствуют контролировать ситуацию по определению и прогнозу распространения ареала загрязненных вод. Так, например гидрологические исследования в наблюдательных скважинах позволят по подъему уровня грунтовых вод зафиксировать раннюю стадию проникновения переточного газа в водоносные горизонты, по химическому составу воды определить, из какого именно водоносного горизонта исходит развитие гидродинамической напряженности, по наблюдательным скважинам систематически следить за уровнем и составом подземных вод. В случае возникновения критических ситуаций не исключается и строительство заградительных водозаборов по добыче и очистке загрязненных подземных вод.

Подводя итоги, следует отметить, что только при настойчивом ведении экологической политики природоохранных мер возможны широкомасштабные работы по освоения геологических недр крупных нефтегазовых комплексов с последующим сохранением среды обитания человека без особых изменений.

Литература

1. Карцев А.А., Вагин С.Б., Шугрин В.П. и др. Нефтегазовая гидрогеология. Учебник для вузов. – М.: ГУП Изд-во «Нефть и газ» РГУ нефти и газа им. И.М. Губкина, 2001. – 264 с.
2. Ларичев В.В., Попков В.И. Геоэкологические проблемы освоения нефтяных и газоконденсатных месторождений Прикаспийской впадины // Южно-российский вестник геологии, географии и глобальной энергии. НТЖ № 3 / Сб. науч. тр. – Астрахань: Издат. Дом «Астраханский университет», 2005. – С. 228 – 236.
3. Севастьянов О.М., Захарова Е.Е., Багманова С.В. Методические и практические аспекты изучения газовых залежей переточного происхождения // Достижения, проблемы, перспективы. Сб. ст. – Оренбург: ИПК «Газпромнефть» ООО «Оренбурггазпромсервис», 2002. – С. 78 – 82.
4. Сняжков В.Н., Созанов Ю.К., Самойленко Г.Н. Геоэкологические последствия на различных стадиях освоения месторождений углеводородов // Вопросы геологии и нефтенаситости Прикаспия и шельфа Каспийского моря. Сб.ст. ООО «Лукойл-ВолгоградНИПНморнефть. – Волгоград, 2002. – Вып. 59. – С. 159 – 177.

ВЫЩЕЛАЧИВАНИЕ НЕРУДНЫХ МИНЕРАЛОВ ИЗ РУД СЕРГЕЕВСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ ЗОЛОТА И ЕГО ВЛИЯНИЕ НА ПРОЦЕСС БИООКСИЛЕНИЯ СУЛЬФИДОВ

Т.А. Углова, С.К. Малинкина

**Научный руководитель доцент М.З. Серебряная
Днепропетровский национальный университет, г. Днепропетровск, Украина**

Главным смыслом процесса биоокисления труднообогатимых золотосодержащих руд является разрушение сульфидов, с которыми ассоциировано золото. Влияние микроорганизмов *T. ferrooxidans* складывается из комплексного действия на все минералы. При этом возможно извлечение карбонатов, силикатов, окислов железа и других нерудных минералов. Появление этих элементов в продуктивном растворе может влиять на жизнедеятельность тиобацилл и процесс разрушения сульфидов, который они осуществляют. Установлено, что в присутствии трехвалентного железа в

среде повышается окислительно-восстановительный потенциал, увеличивается скорость роста и окислительная способность *T. ferrooxidans*. Окисление железа и серы штаммами тиобацилл контролируется анионами (Cl^- , PO_4^{3-} , NO_3^-), также принципиальное значение в выщелачивающей системе имеет соотношение $\text{Fe}^{2+}/\text{Fe}^{3+}$ [1, 2]

Целью ниже приведенных исследований было выявление выщелачивания нерудных минералов. Изучалась возможность извлечения металлов из необработанной руды в растворы, содержащие среду К9 с начальным содержанием Fe^{2+} 4 г/дм³; 8 г/дм³ без ионов железа и культуральную жидкость с инактивированными микроорганизмами.

Также проведено изучение извлечения нерудных минералов из биоокисленной в течение пяти или десяти суток руды в среду К9 с содержанием Fe^{2+} 8 г/дм³ или без него.

Контроль процесса осуществляли по таким показателям: как уровень pH, Eh, накопление белка, содержание ионов Fe^{2+} и Fe^{3+} . В высушенном выщелоченном растворе определяли содержание элементов спектрографическим методом. Полученные результаты сведены в таблице.

Данные экспериментов свидетельствуют о том, что извлечение железа происходит уже при действии питательной среды, в которой культивируют тиобациллы (К9). В случае, если pH среды кислое (p=2,5), извлечение железа существенно возрастает и достигает при четырехсуточном взаимодействии – 960 мг/дм³, а при восьмисуточном взаимодействии – 1560 мг/дм³. Это при том, что в среде К9 железо отсутствует. В случае присутствия железа в среде К9 его извлечение увеличивается (до 13750 мг/дм³ Fe^{2+}). Почти те же самые цифры мы имеем в случае применения культуральной жидкости (12500 мг/дм³ - 16250 мг/дм³), как инактивированной, так и нативной. Эти факты свидетельствуют о том, что извлечение двухвалентного железа зависит почти полностью от состава среды К9, в особенности уровня ее кислотности.

Таблица

Извлечение нерудных элементов из золотосодержащих руд в процессе их биоокисления

Руда	Состав выщелачиваемой смеси	Извлечение в продуктивный раствор, мг/дм ³				Содержание металлов (в относительных единицах) в продуктивном растворе			
		Fe ²⁺		Fe ³⁺					
		Время взаимодействия				Mg	Ca	Al	Mn
		четвер о суток	восемь суток	четвер о суток	восемь суток				
Необработанная	Среда К9 без железа, pH = 6,5	21	6,5	1,4	0	35	22	1	11
	Среда К9 без железа, pH = 2,5	960	1560	75	7,5	19	1	14	30
	Среда К9 с содержанием Fe^{2+} 4 г/дм ³ , pH = 2,5	1750	1875	85	58	7	1	3	15
	Среда К9 с содержанием Fe^{2+} 8 г/дм ³ , pH = 2,5	8100	13750	92	135	7	2	2	12
	Культуральная жидкость, pH = 2,5	8750	12500	173	108	4	1	2	14
	Инактивированная культуральная жидкость, pH = 2,5	8200	16250	30	176	3	1	2	12
Биоокисленная	Биоокисленная на протяжении 5 суток руда среда К9 без железа, pH = 2,5	-	-	-	-	30	14	16	-
	Биоокисленная на протяжении 10 суток руда среда К9 без железа	-	-	-	-	30	10	10	-
	Биоокисленная на протяжении 5 суток руда среда К9 с содержанием Fe^{2+} 8 г/дм ³	-	-	-	-	34	10	25	-

Накопление трехвалентного железа более заметно в случае использования культуральной жидкости, но это накопление происходит, очевидно, еще на стадии культивирования тиобацилл, а не в связи с извлечением нерудных минералов.

При спектрографическом исследовании выщелоченных растворов установлено, что происходит накопление некоторых металлов в продуктивном растворе, а именно: магния, кальция, алюминия и марганца. Переход других элементов в продуктивный раствор не существенен.

Отмечено, что извлечение щелочных металлов (кальция и магния) коррелирует с кислотностью среды, достигая максимумов при повышении уровня кислотности. Питательная среда К9 и культуральная жидкость не влияют на извлечение щелочных металлов из необработанной руды; в биоокисленных рудах щелочные минералы становятся более лабильными. Алюминий и магний достаточно подвижны в кислой среде, а благодаря биоокислению руды их лабильность повышается.

Приведенные результаты свидетельствуют о том, что при биоокислении золотосодержащих руд происходит комплексное растворение рудных и нерудных минералов и накопление целого ряда металлов, которые могут препятствовать жизнедеятельности тиобацилл. Эти вопросы должны изучаться для каждой технологической пробы, так как ее химический и минеральный состав существенно отличается от других проб, как это исследовано ранее.

Представленные в данной работе исследования доказывают, что успешное протекание процесса биовыщелачивания руд зависит от многих факторов, а именно химического и минерального состава руд, а также извлечения в продуктивный раствор нерудных компонентов, мешающих, как протеканию самого процесса биоизвлечения, так и осуществлению контроля над его параметрами.

Литература

1. Варданяк Н. С. Влияние факторов внешней среды на окисление пирита *Sulfobacillus thermosulfidooxidans* Subsp. *Asporogenes* // Биотехнология. – 1998. – № 6. – С. 48 – 55.
2. Fowler T.A. T.A. Fowler, P.R. Holmes Mechanism of pyrite dissolution in the presence of *Thiobacillus ferrooxidans* // *Appl. Environ. Microbiol.* – 1999. – Vol. 65. – № 7. – P. 2987 – 2993.

УСЛОВИЯ ФОРМИРОВАНИЯ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА БОЛОТНЫХ ВОД В ПРЕДЕЛАХ БАКЧАРСКОГО БОЛОТНОГО ОКРУГА

Ю.А. Харанжевская

Научный руководитель профессор Л.И. Инишева

Томский государственный педагогический университет, г. Томск, Россия

Как известно водно-минеральное питание болот является одним из главных факторов определяющих вид болотной растительности, интенсивность биохимических процессов верхнем слое залежи и тип торфяной залежи в целом [6]. Наблюдается определенная связь между химическим составом болотных вод и минеральным составом постилающего грунта.

На первоначальном этапе в зависимости от геоморфологического положения болота и гидрогеологических условий образования болота формируется торфяная залежь, обладающая определенными особенностями гидрологического режима и химического состава болотных вод. Основными условиями химического состава болотных вод, кроме геологии являются климатические факторы, геоморфология и рельеф, а также наличие выклинивания подземных вод, обладающих высокой минерализацией. В процессе развития в одном случае происходит постоянный рост торфяника с постепенным обеднением субстрата минеральными веществами от низинной стадии через переходную до верховой, в другом случае – в присутствии постоянного притока грунтовых или поверхностных вод богатого химического состава происходит развитие эвтрофной растительности и сохраняется низинная стадия развития болота. Интересен факт формирования исключительно олиготрофной залежи на бедных минеральными веществами почвах в условиях атмосферного питания. Целью данной работы является изучение геологических условий формирования химического состава болотных вод.

Природные условия исследуемой территории характеризуются следующими особенностями: слаборасчлененный рельеф с абсолютными отметками 90 – 130 м, избыточное увлажнение, характеризующееся превышением количества осадков в год над испарением, затрудненный поверхностный сток, связанным с низким дренирующим действием водотоков. В геологическом строении данной территории выделяются фундамент и рыхлый мезозойско-кайнозойский чехол. В результате медленного опускания фундамента, продолжавшегося в течение мезозоя и кайнозоя, расчлененный горный рельеф мезозойско-кайнозойского чехла оказался погребенным под мощным чехлом рыхлых осадочных пород. Осадочные породы чехла имеют ритмичное строение. Каждый ритм (или осадочная серия) снизу сложен континентальными породами, вверху – морскими или прибрежно-морскими преимущественно глинистыми породами. Ритмичность осадконакопления вызвана тектоническими движениями земной коры, периодически повторяющимися во времени. Четвертичные отложения территории исследования имеют покровный характер, их мощность колеблется в пределах 24 – 48 м. Особенность четвертичных образований – это наличие в верхних горизонтах непосредственно под торфяной залежью слоя водоупорных суглинков и глин, мощностью от 9 м и более. По Бронзову А.Я. суглинки и глины в пределах Васюганского болота - карбонатные. Своеобразные природные условия Васюганского болота (большая увлажненность в сочетании со слабо расчлененным рельефом и развитием преимущественно слабо проницаемых отложений) приводят к формированию сложных взаимодействий между подземной и поверхностной составляющими стока. Породы верхнемелового и ниже-третичного возраста, слагающие этот район, имеют несколько водонесных горизонтов, изолированных друг от друга водонепроницаемыми глинами [2].

Объектом исследований является верховой болотный массив, расположенный на северо-восточных отрогах Васюганского болота, в междуречье рек Бакчар – Икса. Пробы воды на химический анализ отбирались из оборудованных колодцев в пределах гидрологического профиля от центра к периферии болотного массива: в элювиальной (п. 5) – транзитной (п. 3) – аккумулятивной частях профиля (п. 2).

Химический анализ проводился согласно ГОСТированным методикам в лаборатории аналитических исследований СибНИИСХиТ.

Мощность торфяной залежи болотного массива составляет в среднем около 3 м. В пределах п. 5 и п. 3 до глубины 1 – 1,5 м торфяная залежь представлена верховым торфом. В основании залежи п.5 лежит пласт низинного древесного и папоротникового видов, п. 3 – травяного торфа. Торфяная залежь п. 2 имеет мощность 1 м и полностью представлена торфом переходного типа: осоково-пушицевым и древесно-пушицевым.

Как результат взаимодействия всех факторов окружающей среды формируется определенный химический состав болотных вод. Согласно нашим исследованиям болотные воды по классификации вод [4] относятся к холодным, глеевым, преимущественно слабокислым. В водах наблюдается практически полное отсутствие гидрокарбонат-иона, что связано с низкими значениями pH: в среднем от 3,9 и до 4,3. В среднем общая минерализация не превышает 200 мг/л. При рассмотрении вариации химического состава по территории болота было отмечено незначительное отличие химического состава болотных вод в пределах п. 5 и п. 3. Однако на периферии болота в п.2 наблюдается увеличение минерализации, что связано с близостью минерального грунта (толщина торфяной залежи 1 м), а также выносом химических элементов, фильтрующимся потоком грунтовых вод с центральной части болота. Согласно исследованиям вынос химических элементов происходит в основном в период снеготаяния, когда наблюдается поверхностный сток талых вод. Однако наибольшая минерализация характерна для периода межени, когда увеличивается содержание химических элементов за счет их поступления с остатками отмирающих растений. В этот период в болотных водах иногда появляется гидрокарбонат-ион и величина pH увеличивается до 4,5.

В целом при сравнении болотных вод исследуемой территории с верховыми болотными водами России [3] было отмечено что они отличаются более высоким содержанием Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ и анионов SO_4^{2-} и Cl^- . Согласно исследованиям [5] повышенное содержание этих элементов характерно для водораздельных болот Васюганского болота и состав болотных вод контролируется не только составом подстилающих пород, но и существованием конкреций сульфатов и карбонатов в минеральных грунтах. Поэтому формируются более высокая минерализация и содержание элементов. По-видимому, в питании исследуемого болотного массива принимают участие, как атмосферные воды, так и отчасти грунтовые. Как отмечают авторы конкреции карбонатов и сульфатов могли сформироваться не только в процессе литогенеза, но и в результате выпадения солей грунтовых вод. Согласно другим исследованиям [1] причиной более богатого минерального питания болот олиготрофного типа исследуемой территории является запас биогенных элементов, сформированный биогенным путем, основным источником которых является также минеральная порода. Таким образом, исследуемый болотный массив по водно-минеральному питанию можно отнести мезо-олиготрофному типу с кислой реакцией среды и общей минерализацией в среднем около 200 мг/л.

Литература

1. Бахнов В.К. Биогеохимические аспекты болотообразовательного процесса. – Новосибирск, 1986. – 190 с.
2. Васюганское болото (природные условия, структура и функционирование) / Под редакцией Инишевой Л.И. Томск: ЦНТИ, 2003. – 212 с.
3. Ефремова Т.Т., Ефремов С.П., Мелентьева Н.В. Водные ресурсы болот России и оценка их химического состава // География и природные ресурсы. – 1998. – № 2. – С. 79 – 84.
4. Перельман А.И. Геохимия природных вод. – М., 1982. – 154 с.
5. Рассказов Н.М., Бернатович В.К., Архипов В.С. и др. Районирование Большого Васюганского болота по геохимическим условиям как основа мониторинга региона // Большое Васюганское болото. Современное состояние и процессы развития. – Томск, 2002. – С. 80 – 82.
6. Тюремнов С.Н., Ларгин И.Ф. Изменение химического состава вод торфяных болот в зависимости от условий их залегания // Труды ГГИ. – 1966. – Вып. 135. – С. 223 – 242.

ОЦЕНКА СООТВЕТСТВИЯ СОСТАВА ПОДЗЕМНЫХ ВОД ПОСЕЛКА КАФТАНЧИКОВО ТОМСКОЙ ОБЛАСТИ ПИТЬЕВОМУ НАЗНАЧЕНИЮ

С.А. Шушканова

Научный руководитель доцент Р.Ф. Зарубина
Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

Село Кафтанчиково расположено на левом берегу р. Томи в 13 км от г. Томска. Близ села протекают р. Томь и р. Ум. В пределах г. Томска и прилегающих территорий выделены водоносные комплексы четвертичных, палеогеновых, меловых и карбоновых отложений. Верхняя часть гидрологического разреза сложена рыхлыми образованиями. Для хозяйственно-бытовых нужд население села использует подземные воды карбоновых отложений.

Цель работы – оценить степень соответствия питьевому назначению состава подземных вод с. Кафтанчиково в сравнении с подземной водой д. Барабинка.

Пробы воды на химический анализ были отобраны в ноябре месяце 2005 г. из трех скважин. Данные по скважинам приведены в табл.1.

Таблица 1

Условия эксплуатации скважин

	Скв. № 1, с. Барабинка	Скв. № 2, с. Кафтанчиково	Скв. № 3, с. Кафтанчиково
Год ввода	1987	1971	1986
Глубина, м	115	142	130
Фильтр	8"- каркасный	Бесфильтровая	Дырчатый
Дебит, м ³ /с	7,2	22	8

Химический анализ вод проведен автором и сотрудниками аккредитованной лаборатории УНПЦ «Вода». Данные химического анализа подземной воды приведены в табл. 2. в сравнении с нормативами и рекомендуемыми пределами для питьевых вод.

По анионно-катионному комплексу составлена формула Курлова.

Для Скв. № 1, с. Барабинка: $M_{0,4} \frac{HCO_3 95}{Ca 75 Mg 20}$ рН 7,65 Ж 5,6 Fe 2,45;

Для Скв. № 2, с. Кафтанчиково: $M_{0,3} \frac{HCO_3 94}{Ca 65 Mg 17 Na 17}$ рН 7,8 Ж 3,3 Fe 0,54;

Для Скв. № 3, с. Кафтанчиково: $M_{0,3} \frac{HCO_3 94}{Ca 59 Mg 24 Na 17}$ рН 8 Ж 3,4 Fe 0,46.

Воды по составу пресные, гидрокарбонатные, кальциевые, слабощелочные, умеренно-жесткие с повышенным содержанием железа.

Все исследуемые воды по содержанию химических компонентов соответствуют нормам СанПиН 2.1.4.1074 – 01 г. “Вода питьевая” [1], кроме железа.

Для достижения соответствия содержания компонентов рекомендациям С.Л. Шварцева, желательно понизить содержание HCO_3^- и Ca^{2+} в воде методом H^- , Na^- – катионирования.

Содержание железа в воде д. Барабинка превышает ПДК для питьевых вод в 8 раз, в водах села Кафтанчиково – в 1,5 раза.

Таблица 2

Химический состав подземных вод

№	Компоненты	Скв. № 1, с. Барабинка	Скв. № 2, с. Кафтанчиково	Скв. № 3, с. Кафтанчиково	Рекомендуемые пределы по С.Л. Шварцеву [2,3]	ПДК, [1]
1	pH	7,7	7,8	8	6,8 – 7,2	6 – 9
2	NH_4^+ , мг/л	0,12	0,45	0,1		2
3	NO_2^- , мг/л	< 0,003	0,12	0,025		3
4	PO_4^{3-} , мг/л	0,5	0,57	0,58		3,5
5	$\text{Fe}_{\text{общ}}$, мг/л	2,45	0,54	0,46		0,3
6	$\text{CO}_2_{\text{св.}}$, мг/л	7,92	2,64	2,64		
7	CO_3^{2-} , мг/л	–	–	–		
8	HCO_3^- , мг/л	317,2	207,4	207,4	50-160	
9	SO_4^{2-} , мг/л	10,1	6,7	5,9	3-12	500
10	Cl^- , мг/л	3,2	3,2	3,2	2-10	350
11	О.ж., мг- экв/л	5,6	3,3	3,4		7
12	Ca^{2+} , мг/л	84	52	48	15-30	
13	Mg^{2+} , мг/л	13,42	8,54	12,2	3-12	
14	Na^+ , мг/л	$8 \pm 1,1$	$16 \pm 2,2$	$16 \pm 2,2$	5-20	200
15	K^+ , мг/л	$0,95 \pm 0,1$	$0,95 \pm 0,1$	$0,95 \pm 0,1$	0,5-3	
16	Li^+ , мг/л	0,006	0,007	0,007		0,03
17	Sr^{2+} , мг/л	0,4	0,4	0,4		7
18	Si , мг/л	5,65	8,7	8,55		10
19	Mn , мкг/л	65,2	76,2	45,4		100
20	Pb , мкг/л	1,06	0,36	0,88		30
21	Cu , мкг/л	0,68	0,48	2,2		1000
22	Zn , мкг/л	10,4	7,31	5,39		5000
23	Cd , мкг/л	0	0	0		1
24	As , мкг/л	1,5	0,017	0		50
25	NO_3^- , мг/л	1,36	0,6	1,54	0,3-3	45
26	F , мг/л	0,28	< 0,10	< 0,10	0,1 – 0,5	1,2 – 1,5
27	П.ок, MgO_2 /л	1,04	1,36	1,76		5
28	M , мг/л	400	300	300	100-300	1000

Данная вода подходит для потребления населением при удалении избытка железа.

Литература

1. СанПиН 2.1.4.1074 – 01. Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества.
2. Шварцев С.Л. Гидрогеохимия зоны гипергенеза. – М.: Недра, 1998. – 366 с.
3. Шварцев С.Л., Копылова Ю.Г. Отчет по НИР "Оценка качества питьевой воды скважин "ТМК" в процессе ее водоподготовки, поиск новых источников высококачественной воды в районе города Томска". – Томск, 2001.

**ТЕНДЕНЦИЯ РАЗВИТИЯ ПРАВОВОГО ИНСТИТУТА СОБСТВЕННОСТИ В
СОВРЕМЕННОМ ВОДНОМ ЗАКОНОДАТЕЛЬСТВЕ РОССИИ**

С.А. Шушканова

Научный руководитель доцент В.В. Янковский
Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

Вода является ограниченным натуральным ресурсом и фактором, имеющим определяющее благотворное значение для жизни и здоровья населения. Право человека на доступ к воде является обязательным, неизменным условием для осуществления других прав человека, в том числе право собственности на водные объекты.

Собственность является экономической категорией и представляет собой действия по владению, пользованию и распоряжению имуществом. Право собственности, в том числе и на природные ресурсы, принято рассматривать в двух аспектах - объективном и субъективном.

В объективном смысле право собственности понимается как совокупность норм, регулирующих данный вид общественных отношений, которые закреплены в различных нормативных актах. Так, например, Конституция РФ в ч.2 ст. 9 определяет, что земля и другие природные ресурсы могут находиться в частной, государственной, муниципальной и иных формах собственности [1]. Т.е. право собственности в объективном смысле - это установленные законодателем правовые нормы, определяющие рамки (границы) возможных действий лиц по присвоению, владению и пользованию всей совокупностью вещей, которые не исключены из гражданского оборота. В субъективном смысле право

собственности понимается как совокупность правомочий конкретного собственника по владению и распоряжению собственностью по своему усмотрению в тех рамках, которые установил законодатель (владение, пользование и распоряжение землей и другими природными ресурсами осуществляются их собственниками свободно, если это не наносит ущерба окружающей среде и не нарушает прав и законных интересов иных лиц) (ч.2 ст. 36 Конституции РФ).

Цель работы – анализ института собственности в современном водном законодательстве России.

Первый Водный кодекс РСФСР был принят 30 июня 1972 года, он содержал 114 статей, объединенных в шесть разделов. Новыми были понятие "водный объект" и юридическая категория "воды", классификация видов водопользования и разрешительный порядок предоставления права пользования конкретными водными объектами, приоритет хозяйственно-питьевого водопользования и всесторонняя охрана вод от загрязнения, засорения и истощения.

В результате изменения экономико-политической обстановки в стране, связанной с переходом к рыночным отношениям, ВК РФ 1972 г. был заменен новым, ныне действующим ВК РФ от 19 ноября 1995 г. ВК РФ 1995 г. предусматривал новые положения, касающиеся права собственности на водные объекты; более детального урегулирование порядка водопользования; комплекс правил по экономическому регулированию использования, восстановления и охраны водных объектов.

Шагом в сторону рыночных отношений являются указания о том, что содержание права собственности на водные объекты определяется гражданским законодательством (ст. 129, 209) и ВК РФ (ч.1 ст. 31). Оно определяет общее содержание права собственности на водные объекты, а водное – его специфические черты и особенности механизма реализации правомочий собственника водных объектов. Содержание права собственности на воды предусмотрено водным законодательством, нормами гл. 4 ВК РФ.

В регулировании отношений собственности на воды примечательным является подход к внедрению многообразия форм и видов собственности.

Собственник в полной мере не может осуществлять в отношении водных объектов правомочия владения, пользования и распоряжения. Основная особенность права собственности на воды как объект природы состоит в том, что к водным объектам не применяется в полной мере правомочия владения, так как сосредоточенная в них вода находится в состоянии непрерывного движения и водообмена (ч. 2 ст. 31 ВК РФ).

Предметом водных отношений может являться как водный объект в целом, так и его часть. В отличие от этого, предметом права собственности, по Водному кодексу, выступает только водный объект в целом (река, водоем, территориальное море и т.п.), поскольку физическое вещество воды, находящееся в природной среде, не может быть в полной мере объектом права собственности в силу своих особенностей (ст. 32 ВК РФ).

Другой особенностью права собственности является то, что изменение русла реки или иное изменение местоположения водного объекта не влечет изменение формы и вида собственности на водный объект. Это правило объясняется тем, что водный объект не уничтожается, он продолжает существовать, соответственно сохраняется право собственности на него в том объеме и на тех основаниях, какие были ранее

Водные объекты могут находиться в федеральной собственности, собственности субъектов РФ, муниципальной и частной (юридических и физических лиц) собственности. В ст. 34 ВК РФ закреплены формы и виды права собственности на водные объекты, что принципиально важно. Характер регулирования отношений собственности на природные ресурсы имеет большое значение для обеспечения их рационального использования и охраны.

В муниципальной и частной собственности могут находиться только обособленные водные объекты (замкнутые водоемы) – небольшие по площади и непроточные искусственные водоемы, не имеющие гидравлической связи с другими поверхностными водными объектами. Водное законодательство устанавливает презумпцию государственной собственности в отношении водных объектов. Все водные объекты, включая обособленные, не находящиеся в муниципальной или частной собственности, объявлены государственной собственностью России (ст. 39 – 40 ВК РФ).

В федеральной собственности (собственности РФ) находятся водные объекты, представляющие наибольшую значимость для РФ и ее устойчивого развития (ст. 35 – 36 ВК РФ). Ст. 214 ГК четко закрепила возможность отнесения земли и других природных ресурсов к федеральной собственности или собственности субъектов РФ. В собственности РФ находятся: поверхностные водные объекты, акватории и бассейны которых расположены на территориях двух и более субъектов Российской Федерации; подземные водные объекты, расположенные на территориях двух и более субъектов Российской Федерации; водные объекты, расположенные на территории одного субъекта Российской Федерации, но необходимые для обеспечения нужд обороны, безопасности, федеральных энергетических систем, федерального транспорта и иных государственных нужд, реализация которых отнесена к полномочиям Российской Федерации; водные объекты, являющиеся средой обитания анадромных и катадромных видов рыб; трансграничные (пограничные) водные объекты; внутренние морские воды; территориальное море Российской Федерации; водные объекты, являющиеся особо охраняемыми природными территориями федерального значения или представляющие собой часть этих территорий; водные объекты, являющиеся частью территории курортов или лечебно-оздоровительных местностей федерального значения; иные особо охраняемые водные объекты федерального значения.

В собственности субъектов РФ могут находиться водные объекты, акватории и бассейны которых полностью расположены в пределах территории субъекта федерации и не отнесенные к федеральной собственности. Водные объекты признаются федеральной собственностью Правительством РФ по согласованию с органами исполнительной власти субъектов федерации, а собственностью субъектов РФ – органами исполнительной власти субъектов РФ по согласованию с соответствующими федеральными органами исполнительной власти. Вопросы владения, пользования и распоряжения водными объектами, находящимися в государственной собственности, относятся к совместному владению РФ и ее субъектов (ст. 37 ВК РФ) В собственности субъектов Российской Федерации могут находиться водные объекты, акватории и бассейны которых полностью расположены в пределах территории соответствующего субъекта Российской Федерации и не отнесенные к федеральной собственности.

Частная и муниципальная собственность на водные объекты установлена водным и гражданским законодательством на обособленные водные объекты, принадлежащие по праву собственности юридическим и физическим лицам, городским и сельским поселениям, другим муниципальным образованиям.

Водные объекты (за исключением обособленных) находятся в государственной собственности, поэтому их оборот (продажа, залог, совершение иных видов сделок, направленных на отчуждение) запрещен. Допускается только

ограниченный оборот прав на водные объекты, осуществляемый на основании лицензии на пользование водными объектами [4].

Водное законодательство также закрепляет и другие права, неразрывно связанные с институтом собственности (ст.41 – 45 ВК РФ) [2].

1. Права на водные объекты лиц, не являющихся собственниками водных объектов.
2. Право долгосрочного и краткосрочного пользования водными объектами.
3. Право ограниченного пользования водным объектом (водный сервитут) и его виды.

Более чем за десятилетний период действия современного водного законодательства произошли изменения общеэкономических условий, в результате чего последовало несоответствие водного законодательства с правовыми документами принятыми позже, это земельное, экологическое, гражданское право, что также требует создания нового ВК.

Решение о разработке проекта ВК было принято в 2000 г. Вопросы собственности рассматривались в проекте ВК 2005г. где предполагается увеличение частной собственности.

Как сообщил, заместитель главы Минэкономразвития РФ, водные объекты в России можно будет приобретать в частную собственность, что предусмотрено проектом Водного кодекса РФ. При этом собственность по воде будет привязана к собственности по земле. Водные объекты можно будет приватизировать только в том случае, если они не имеют гидравлической связи с другими водными объектами. Если водный объект проходит по границе двух земельных участков, то землевладельцы могут договориться, совместно построить плотину и сделать совместный водный объект. Проект Водного кодекса предусматривает, что приобретать в частную собственность можно водные объекты площадью не более 3 тыс. кв. м. не находящиеся в государственной или муниципальной собственности, или же искусственные обособленные водные объекты, причём те и другие должны быть расположены за пределами черты поселений не ближе одного километра от них.

Переход объектов в частную собственность не освобождает собственника от обязательства по охране и рационально-целевого использования, а также соблюдение Водного Кодекса РФ.

С принятием нового ВК будут решены вопросы несоответствия действующего водного законодательства с Земельным, Гражданским, Экологическим правом, а также более четко выделится частная собственность на водные объекты.

Литература

1. Конституция РФ от 12 декабря 1993 г.
2. Водный Кодекс РФ от 16 ноября 1995 г. № 167-ФЗ (с изменениями от 30 декабря 2001 г.).
3. Проект Водного Кодекса РФ.
4. Калинин И.Б. Правовое регулирование ресурсопользования. – Томск: Изд-во НТЛ, 2001. – 356 с.
5. Крассов О.И. Природные ресурсы России. – М.: Дело, 2002. – 816 с.

ИЗУЧЕНИЕ КИНЕТИКИ ПОГЛОЩЕНИЯ СВИНЦА ПОРОДАМИ В УСЛОВИЯХ ТЕХНОГЕНЕЗА

Н.Е. Яцечко

Научный руководитель главный научный сотрудник А.А. Кроик
Днепропетровский национальный университет, г. Днепропетровск, Украина

С ростом техногенной нагрузки на геологическую среду возникает необходимость изыскания новых методов снижения поступления в окружающую среду и в первую очередь в природные и подземные воды тяжелых металлов, среди которых важное место занимает свинец. Основным источником загрязнения свинцом природных и подземных вод являются сточные воды промышленных предприятий, а также шахтные воды, отвалы, хвосто- и шламохранилища. Известно, что как в природных, так и в природно-техногенных системах происходят процессы поглощения тяжелых металлов породами. К числу способов защиты природных вод от загрязнения тяжелыми металлами относится использование горных пород в качестве естественных сорбционных геохимических барьеров. Для оценки способности геоэкологических систем противостоять загрязнению свинцом, а также для решения экологических задач по минимизации и снижению загрязнения необходимо определить закономерности поглощения свинца породами.

Целью данной работы является исследование кинетики поглощения свинца лессовыми породами при увеличении техногенной нагрузки.

В качестве объекта исследований были использованы наиболее типичные лессовые породы юго-востока Украины, которые содержат значительное количество карбонатов кальция и магния (от 15 до 20 %). Техногенную нагрузку имитировали изменением концентрации свинца в растворе от 200 до 400 мг/дм³. Время контакта породы с раствором металла составляло 3 минуты, 30 минут, 4 часа, 3 суток. По истечении этого времени породу отделяли от раствора, в котором определяли содержание свинца атомно-абсорбционным (на спектрофотометре «Сатурн») методом [1, 2]. Образцы породы подвергали многоуровневой экстракции различными реагентами. Водорастворимую форму нахождения свинца в растворе определяли с помощью бидистиллированной воды, количество свинца, сорбированного лессовыми породами в катионообменной форме выделяли при помощи раствора хлорида калия. Свинец, находящийся в форме, связанной с карбонатами, извлекали М раствором ацетата аммония с рН = 7. Для выделения свинца, сорбированного на гидроксидах марганца и аморфных окислах железа применяли смесь гидроксиламина солянокислого и азотной кислоты с рН = 2. Свинец, сорбированный на окристаллизованных окислах железа, извлекали при помощи смеси оксалата аммония и уксусной кислоты при рН = 3. Результаты исследований приведены в таблицах 1, 2.

Таблица 1

Кинетика поглощения свинца лессовой породой (исходная концентрация металла – 200 мг/дм³)

Время	3 минуты	30 минут	4 часа	3 суток
-------	----------	----------	--------	---------

Экстрагент	Количество поглощенного свинца, мг/г							
	30,05		59,96		173,97		182,31	
	Количество извлеченного свинца							
	мг/г	%	мг/г	%	мг/г	%	мг/г	%
KCl	1,26	4,20	1,14	1,90	1,22	0,70	3,09	1,70
NH ₄ Ac	18,3	60,90	37,70	62,80	94,20	53,80	111,72	61,3
NH ₂ OH ⁺ HNO ₃	0,30	1,00	0,42	0,80	5,11	2,90	6,56	3,60
H ₂ C ₂ O ₄ ⁺ (NH ₄) ₂ C ₂ O ₄	0,00	0,00	0,00	0,00	0,49	0,30	1,14	0,6
Остаточная фракция	10,19	33,90	20,70	34,50	72,95	42,30	59,80	32,80

Установлено, что образование катионообменной формы свинца – процесс, который протекает достаточно быстро. В течение 3 мин. взаимодействия породой и раствором свинец полностью закрепляется в этой позиции. В промежутке времени от 3 минут до 3 суток количество свинца в катионообменной позиции в условиях средней техногенной нагрузки (200 мг/дм³) остается практически неизменной. При дальнейшем увеличении техногенной нагрузки количество свинца в катионообменной форме со временем уменьшается (за 3 суток – на 2 %). Это свидетельствует о том, что при увеличении техногенной нагрузки с течением времени происходит перераспределение свинца между фракциями, то есть трансформация форм свинца в породе.

Таблица 2
Кинетика поглощения свинца лессовой породой (исходная концентрация металла – 400 мг/дм³)

Время	3 минуты		30 минут		4 часа		3 суток	
Экстрагент	Количество поглощенного свинца, мг/г							
	49,91		80,18		196,00		375,00	
	Количество извлеченного свинца							
	мг/г	%	мг/г	%	мг/г	%	мг/г	%
KCl	1,20	2,40	1,13	1,40	1,09	0,30	3,09	1,70
NH ₄ Ac	20,30	40,80	45,30	56,70	186,20	50,60	111,72	61,3
NH ₂ OH ⁺ HNO ₃	0,48	1,00	0,71	1,00	8,00	2,20	6,56	3,60
H ₂ C ₂ O ₄ ⁺ (NH ₄) ₂ C ₂ O ₄	0,18	0,30	0,30	0,30	0,87	0,20	1,14	0,6
Остаточная фракция	27,75	55,50	32,74	40,60	171,51	46,65	59,80	32,80

Количество свинца в форме, связанной с карбонатами со временем значительно растет. Если в первые 3 мин. контакта породы с раствором металла в этой форме находится около 20 % от общего содержания свинца в породе, то через 30 мин. количество свинца в этой форме возрастает вдвое, а за 4 часа эта величина увеличивается до 85 %. Таким образом, связывание свинца породой в карбонатной форме происходит практически в первые 4 часа контакта между породой и раствором. При увеличении техногенной нагрузки наблюдается увеличение количества свинца, поглощаемого породой в этой форме, но характер процесса поглощения свинца остается неизменным.

Содержание свинца в формах, связанных с гидроксидами марганца, аморфными и окристаллизованными окислами железа также возрастает на протяжении времени контакта породы с раствором свинца независимо от техногенной нагрузки. Поглощение свинца в форме, связанной с гидроксидами марганца и аморфными гидроксидами железа происходит уже с первых минут, но в промежуток времени от 3 до 30 минут этот процесс протекает очень медленно, за это время связывается меньше 8 % от всего поглощенного породой свинца. Поглощение основной доли металла происходит в промежутке времени от 30 минут до 4 часов (более 70 %).

Характер протекания процесса поглощения свинца в форме, связанной с окристаллизованными окислами железа зависит от техногенеза. При значительной техногенной нагрузке образование этой формы свинца в породе происходит с первых минут после контакта породы с раствором металла. Уже через 30 минут породой поглощается 25 % от общего содержания свинца в породе, а через 4 часа – до 68 %. В условиях снижения техногенной нагрузки образование формы свинца, связанной с аморфными окислами железа начинается лишь через 4 часа после начала контакта породы с раствором металла, но в дальнейшем со временем также происходит рост количества свинца, закрепленного в этой позиции. Образование труднорастворимых соединений свинца протекает интенсивно, уже через 30 минут в виде труднорастворимых соединений поглощается до 40,6 % свинца. При увеличении содержания свинца в исходном растворе с 200 до 400 мг/дм³ растет и количество свинца, который находится в виде труднорастворимых соединений.

Результаты экспериментальных исследований по изучению кинетики сорбции свинца свидетельствуют о том, что со временем в условиях увеличения техногенной нагрузки происходит рост количества свинца в формах, связанных с карбонатами, гидроксидами марганца, аморфными окислами железа и в труднорастворимой форме. При этом соответственно снижается количество свинца, который находится в породе в катионообменной форме. Таким образом, увеличение техногенной нагрузки приводит к перераспределению геохимических форм металла в породе, то есть процессы поглощения свинца лессовыми породами сопровождаются частичной трансформацией подвижных (катионообменных) форм свинца в прочносвязанные формы. Полученные данные представляют интерес для оценки

экологических рисков загрязнения свинцом в промышленных районах, а также для разработки инженерных мероприятий, которые могут обеспечить экологически безопасное развитие производственных регионов.

Литература

1. Карякин А.В., Грибовская И.Ф. Методы оптической спектроскопии и люминесценции в анализе природных и сточных вод. – М., 1987. – 304 с.
2. Шарло Г. Методы аналитической химии. – М., 1969. – 1204 с.